Die bruchlose Deformation von Fossilien durch tektonischen Druck und ihr Einfluss auf die Bestimmung der Arten

Beobachtet und bearbeitet an den Pelecypoden
der St. Galler Meeresmolasse

Mit 9 Textfiguren und 16 Tafeln

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER PHILOSOPHISCHEN DOKTORWÜRDE
VORGELEGT DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT II
DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

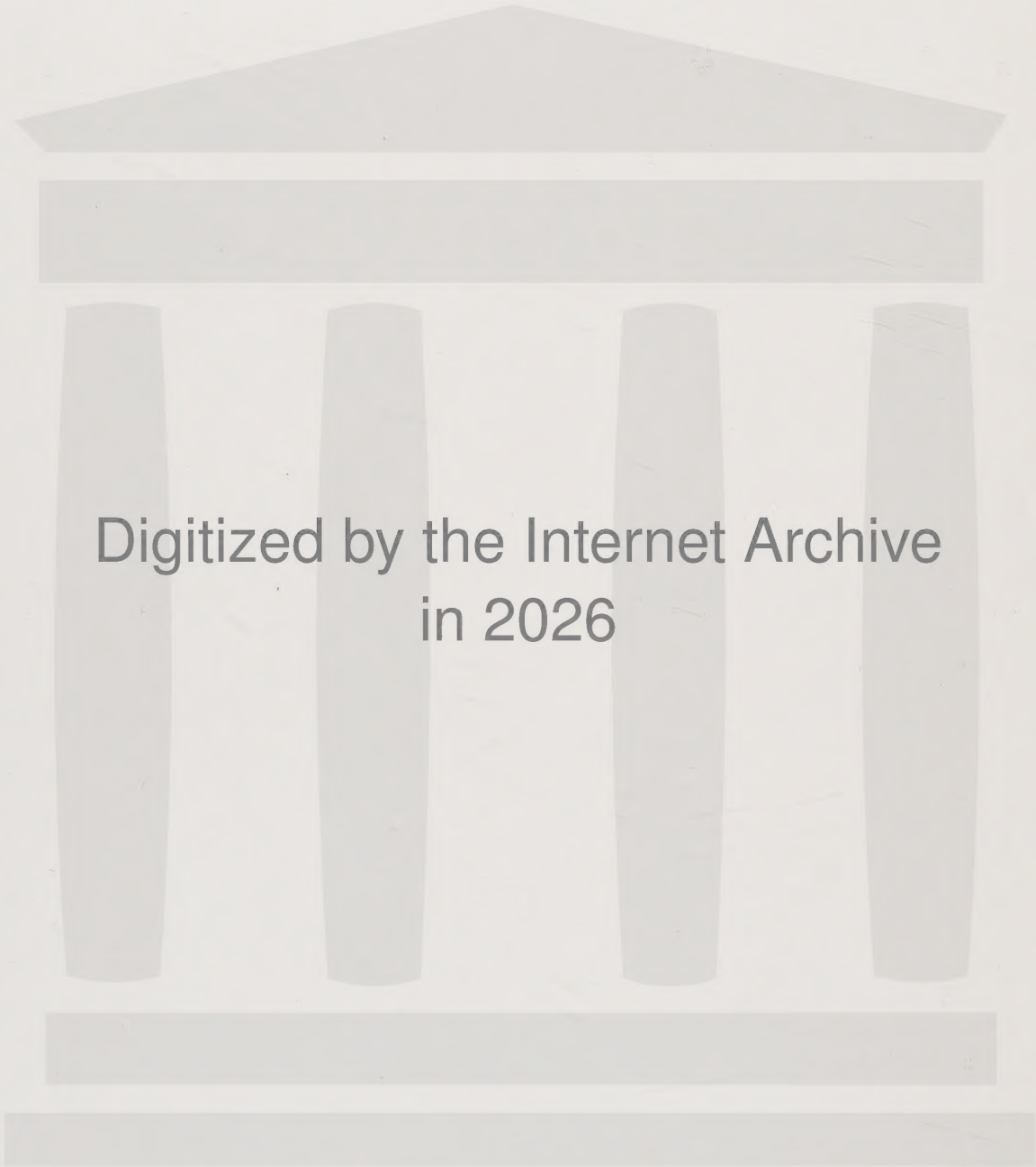
VON

ARNOLD FANCK

AUS FRANKENTHAL (RHEINPFALZ)

BEGUTACHTET VON HERRN PROF. DR. H. SCHARDT

DRUCK VON GEBR. FRETZ A. G., ZÜRICH
1929


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507212_0059

Die bruchlose Deformation von Fossilien durch tektonischen Druck und ihr Einfluss auf die Bestimmung der Arten

Beobachtet und bearbeitet an den Pelecypoden
der St. Galler Meeresmolasse

Mit 9 Textfiguren und 16 Tafeln

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER PHILOSOPHISCHEN DOKTORWÜRDE

VORGELEGT DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT II

DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

VON

ARNOLD FANCK

AUS FRANKENTHAL (RHEINPFALZ)

BEGUTACHTET VON HERRN PROF. DR. H. SCHARDT

DRUCK VON GEBR. FRETZ A. G., ZÜRICH

1929

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsverzeichnis

Seite

Vorwort 5

I. Die Theorie der bruchlosen Deformation 9

A. Tektonische und pelomorphe Deformation 9

B. Die Wirkung des pelomorphen Druckes 12

C. Die Wirkung des tektonischen Druckes 13

II. Das Schema der Deformation von fossilen Zweischalern 16

III. Der experimentelle Beweis der Deformation und die aus dem Experiment sich ergebenden Methoden zur Bestimmung deformierter Fossilien 29

A. Der Apparat mit Gummiplatte 30

B. Der Apparat zur Deformation durch Druck 35

IV. Paläontologische Resultate 45

A. Das Resultat der neuen Bestimmungen der Pelecypodenarten der St. Galler Meeresmolasse unter Berücksichtigung der Deformation 45

B. Erläuterungen zu den Tafeln 46

C. Verzeichnis der Pelecypoden unter Berücksichtigung der Deformation, von A. FANCK 49

D. Verzeichnis der Pelecypoden ohne Berücksichtigung der Deformation, von Prof. MAYER-EYMAR 50

E. Verzeichnis der auszuschaltenden neuen Pelecypodenarten von MAYER-EYMAR . . 55

Literaturverzeichnis 57

Curriculum vitae 59

Vorwort

Im Wintersemester 1912/13 übergab mir Herr Professor SCHARDT eine Arbeit über die Fossilien der St. Galler Meeresmolasse. Der ausserordentliche Reichtum dieser Fauna, insbesondere an Pelecypoden war schon einmal Gegenstand einer grossen Bearbeitung gewesen, und zwar hatte Professor MAYER-EYMAR am Züricher Polytechnikum durch viele Jahre, ja Jahrzehnte hindurch, an der Bestimmung dieser Pelecypodenfauna gearbeitet. Das Resultat dieser Arbeit hinterliess er bei seinem Tode in noch nicht ganz abgeschlossenem Zustande mit dem stratigraphischen Ergebnis, wonach durch die Bestimmung dieser Fauna die Entstehung der St. Galler Meeresmolasse in das stratigraphische Zeitalter des Helvetien verlegt wurde.

In diesem Werke über die St. Galler Meeresmolasse war es nun Herrn Professor SCHARDT aufgefallen, dass die Anzahl der von MAYER-EYMAR bestimmten verschiedenen Arten eine ganz ungewöhnlich grosse war. MAYER-EYMAR hatte hier eine solche Fülle von Arten und vor allem auch von neuen Arten aufgestellt, dass man dadurch vor ein schwer begreifliches Problem gestellt wurde. Denn da dieser Artenreichtum in gar keinem Verhältnis mehr stand zu allen anderen ähnlichen Vorkommnissen von Pelecypodenfaunen desselben stratigraphischen Horizontes (wie beispielsweise zu dem bekannten Becken von Bordeaux), musste man schon nach ganz besonderen Ursachen suchen, die zu einer derartig ungewöhnlichen Variabilität der verschiedenen Arten führen könnte. Die Ursache dieser scheinbar plötzlich einsetzenden, ganz unglaublichen Fähigkeit der Arten zu ungezählten Variationen für dieses so eng beschränkte Meeresbecken, in dem die St. Galler Meeresmolasse abgelagert wurde, aufzusuchen, war also die eigentliche Aufgabe, die mit dieser Arbeit gestellt wurde.

Das Motiv aber, das Herrn Professor SCHARDT zur Vergebung dieser Aufgabe veranlasste, war bereits ein Zweifel an der Richtigkeit der MAYER-EYMARschen Bestimmungen, vor allem an den vielen neuen Arten, zu deren Aufstellung MAYER-EYMAR sich gezwungen gesehen hatte.

Bei der ersten Beurteilung nun dieses aussergewöhnlich grossen Materials der St. Galler Pelecypodenfauna standen wir anfangs lange Zeit tatsächlich ratlos vor der ungeheuren Fülle verschiedenster Formen, sodass auf den ersten Blick die vielen Arten, die MAYER-EYMAR hier unterschieden hatte, nicht nur gerechtfertigt erschienen, sondern man sogar des Eindruckes sich kaum erwehren konnte, es sei die Variabilität dieser Arten in Wirklichkeit noch viel grösser gewesen, als sie MAYER-EYMAR angenommen hatte. Und als sei eine noch viel differenziertere Zergliederung in ungezählte Variationen und die Aufstellung von noch viel zahlreicheren neuen Arten und Formen notwendig.

In der Tat lagen die Verhältnisse hier so, dass fast jedes einzelne Stück der durch die äusseren, sofort in die Augen springenden Merkmale doch deutlich zusammengehörigen Arten, in der Form deutlich verschieden war von fast jedem anderen, sodass man zu um so mehr neuen Variationen und Arten bei der Bestimmung gelangen musste, je gewissenhafter und exakter man die einzelnen Exemplare bearbeitete. Je genauer man die Abgrenzung und Beschreibung in einzelne Arten und Variationen vornehmen wollte, desto unübersehbarer wurde der Formenreichtum dieser merkwürdigen Fauna, d. h.

um so mehr Widerstand leistete dieses Material von Versteinerungen jeglichen Versuchen einer exakten Bearbeitung.

Dabei musste es zunächst auffallen, dass diese unglaubliche Variabilität sich einzig und allein in der Form und in den Massen der einzelnen Pelecypodenarten zeigte, dagegen nicht in den charakteristischen Verzierungen ihrer Schalenoberfläche. Diese Beobachtung führte uns ganz plötzlich zu einer Vermutung, die sich tatsächlich sehr bald bestätigte und in der wir den Schlüssel für dieses Rätsel einer bisher nicht vorgekommenen unglaubhaften Variabilität fanden. Wir kamen nämlich durch diese Beobachtung, dass eigentlich nur in der äusseren Form, d. h. im Umriss der einzelnen Muscheln eine so unfassbare Mannigfaltigkeit vorlag, zu der Überzeugung, dass dieser ganze Formenreichtum gar kein primärer Zustand dieser ganzen Fauna sei, sondern vielmehr erst nachträglich, durch eine Deformation der einzelnen Petrefakten durch Gebirgsdruck, entstanden sei.

In der Tat musste bei der Annahme einer derartigen Deformation aus den gleichen Exemplaren einer Art durch ihre verschiedene Lage zur Druckrichtung theoretisch eine unübersehbare Fülle verschiedener Formen entstehen, d. h. es musste sich, aus der Theorie gefordert, genau das Resultat ergeben, das hier tatsächlich in der Praxis vorlag. Durch diese Theorie konnten mit einem Schlage alle die Schwierigkeiten gelöst werden, die sich einer Zergliederung in einzelne Arten bei diesem ganzen Material an Fossilien ergeben hatten; die unglaubwürdige und beispiellose Variabilität konnte mit einem Ruck aufs einfachste erklärt werden und ihre sämtlichen Unglaubwürdigkeiten verlieren.

Wir stellten also folgende Hypothese als Behauptung auf:

Der scheinbar ungeheuere Artenreichtum und die ganze unglaubliche Variabilität der Pelecypoden der St. Galler Meeresmolasse beruht nur auf einer nachträglichen, durch den Gebirgsdruck entstandenen Deformation der Schichten und zugleich des gesamten Fossilinhaltes dieser Schichten.

Diese Theorie nun wurde von uns auf experimentellem Wege in der folgenden Arbeit restlos bewiesen, wobei sich als Resultat dieser Bearbeitung nicht nur eine starke Reduzierung der von Mayer-Eymar aufgestellten Arten ergab, sondern auch als hauptsächlichstes und wichtigstes Resultat ein genaues System der durch die Deformation sich notwendigerweise ergebenden Veränderungen der allgemeinen Formen von Pelecypoden, d. h. also ein System von notwendigen Deformationsformen und Deformationserscheinungen. Daraus wieder ergab sich dann eine Methode für die Wege zur sofortigen Erkennung etwa vorliegender Deformationsformen und der möglichen Methoden ihrer Bestimmung, d. h. ihrer Zurückführung auf die ursprüngliche normale Form, wie sie vor der Deformation bestanden haben musste.

Diese Tatsache, dass der Formenreichtum der Fossilien der St. Galler Meeresmolasse durch Deformation entstanden war und nicht etwa seinen Grund in einer natürlichen Variation der Arten hatte, war von Mayer-Eymar in der Praxis wohl einigermassen bemerkt worden; denn sonst hätte dieser, an sich vorzügliche Stratigraph und Paläontologe, buchstäblich fast aus jedem einzelnen Exemplar eine besondere Art machen müssen, da man kaum zwei Stücke einer Art hier finden kann, die in der Form einander genau gleich wären. Doch ist Mayer-Eymar weder der Umfang noch die Wichtigkeit dieser Tatsache auch nur annähernd klar geworden, sodass er dieselbe als Problem gar nicht erkannte und den Fehler einer Auflösung in verschiedene Arten nur dann vermeiden konnte, wenn die durch die Deformation entstandenen Formverschiedenheiten infolge einer ähnlichen Lage der einzelnen Fossilien zu der Druckrichtung noch eine einigermassen ähnliche war. Sobald jedoch die Verschiedenheit der Form durch eine sehr verschiedene Lage der einzelnen Muscheln zur Druckrichtung eine augen-

fällige geworden war, verfiel MAYER-EYMAR in den Fehler, diese verschiedenen Formen als verschiedene Arten voneinander zu unterscheiden und zum Teil als neue Arten aufzustellen.

Dass nun ein so geübter Bearbeiter von Fossilien, wie MAYER-EYMAR, diese Tatsache nicht erkannte, hatte seinen Grund in der merkwürdigen und nicht allzu häufig zu beobachtenden Erscheinung, dass diese Fossilien zum grössten Teil, nicht wie sonst, durch die Deformation äusserlich zerdrückt und zerstört wurden, sondern sich während dieses Vorganges gleichsam plastisch verhielten, sodass ihre Deformierung in ihrem äusseren Erhaltungszustand wenigstens grossenteils zunächst gar nicht augenfällig in Erscheinung trat. Obwohl, als Möglichkeit theoretisch bereits bekannt, war diese Erscheinung der bruchlosen Deformation, wie wir sie an den Fossilien der St. Galler Meeresmolasse beobachten können, bis dahin noch kaum beachtet und jedenfalls noch nicht praktisch bearbeitet, geschweige denn in ihrer ausserordentlichen Wichtigkeit für die Fehlbestimmung von verschiedenen Arten erkannt worden.

Erst durch diese Arbeit ist das Problem der bruchlosen Deformation von Fossilien als solches erkannt worden und kann heute in seinen Konsequenzen für die Bestimmung von verschiedenen Arten übersehen werden. Und wir glauben, dass die Wichtigkeit dieses Problems sich durchaus nicht nur auf dieses eine Vorkommnis der St. Galler Meeresmolassefauna erstrecken wird, sondern dass auch noch in vielen anderen Vorkommnissen von Versteinerungen, diese Erscheinung der bruchlosen Deformation nachgewiesen werden könnte, da dieselbe eine ganz natürliche Begleiterscheinung der Aufstauung der Sedimentschichten durch den bei der Gebirgsbildung sich auslösenden Druck in der Erdrinde sein muss.

Es dürften sich also an diese Arbeit eine Reihe weiterer Bearbeitungen der bisher bestimmten Petrefakten anschliessen müssen, soweit diese in durch den Gebirgsdruck gestörten Gesteinschichten gefunden wurden. Und es werden diese Revisionen unter dem Gesichtspunkt der «bruchlosen Deformation» wohl auch für andere Petrefakten-Vorkommnisse die Unhaltbarkeit vieler neuer Arten ergeben, die in Wirklichkeit nur nachträglich entstandene Deformationsformen darstellen, wie wir es in der folgenden Arbeit speziell für die St. Galler Fossilien nachgewiesen haben.

Ausser diesem Schema der Deformation von Fossilien, das wir, wie schon erwähnt, als Hauptergebnis dieser Arbeit betrachten, wurde die Bestimmung der St. Galler Pelecypodenfauna an Hand der gewonnenen Erkenntnisse neu durchgeführt und die MAYER-EYMARsche Tabelle berichtigt, d. h. bedeutend reduziert.

Aus diesen neuen Bestimmungen ergab sich wiederum die endgültige Fixierung des stratigraphischen Alters dieser Schichten, die von jetzt ab, in ihrem obersten Teil ins Vindobonien (Helvetien), in ihrem unteren Teil aber ins Burdigalien zu verweisen sind und nicht mehr ausschliesslich ins Vindobonien (Helvetien). Und zwar analog der von KOSSMANN unterschiedenen stratigraphischen Horizonte des Tertiärbeckens von Bordeaux.

Diese ganze Arbeit wurde von uns in sechs Semestern von 1912—15 durchgeführt und ergab eine sehr umfangreiche Arbeit von 460 Maschinenseiten. Da die Drucklegung dieser umfangreichen Arbeit während der Kriegsjahre unerschwingliche Kosten verursacht hätte, musste dieselbe leider von uns von Jahr zu Jahr hinausgezögert werden. In den Revolutionstagen von 1918 in Berlin ereignete sich dann für uns das grosse Unglück, dass das Manuskript dieser Arbeit, sowohl in der handschriftlichen Fassung, wie in der Maschinenabschrift mitsamt unserem ganzen dortigen Hab und Gut gestohlen wurde. Nachdem wir von Jahr zu Jahr gewartet hatten, in der stillen Hoffnung, es werde sich durch die Nachforschungen doch noch eine Spur dieser Arbeit wieder finden lassen, stehen wir nun vor der Notwendigkeit, wenigstens das Hauptresultat dieser grossen Arbeit nach zehn Jahren noch einmal

zusammenzustellen, um dasselbe als Dissertation der Universität Zürich vorlegen zu können und es wenigstens in seinen wichtigsten Grundzügen der wissenschaftlichen Welt zu erhalten. Es haben sich unterdessen an diese Arbeit (über die Arbeit wurde 1914 im geologischen Colloquium der Universität Zürich vom Verfasser referiert) auch bereits ähnliche Arbeiten angeschlossen und das Problem der bruchlosen Deformation von Fossilien, mit allen sich daraus ergebenden Konsequenzen für die früheren und zukünftigen Bestimmungen ist unterdessen Allgemeingut geworden.

Zu ganz besonderem Dank bin ich bei dieser Arbeit meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Schardt von der Universität Zürich, verpflichtet, der dieser interessanten Arbeit nicht nur während ihrer Entstehung das grösste Interesse entgegenbrachte, sondern es mir durch seine fortgesetzten Bemühungen auch ermöglichte, diese Arbeit noch einmal in äusserst gekürzter Form herstellen und als Dissertation einreichen zu können.

Meinen tiefgefühlten Dank muss ich aber auch der Fakultät der Züricher Universität aussprechen dafür, dass sie mir die Frist für die nochmalige Herstellung und Einreichung dieser Arbeit von Jahr zu Jahr auf so lange Zeit hinaus verlängerte, in vollem Verständnis für das mir durch das Abhanden kommen des ursprünglichen Manuskriptes dieser Arbeit zugestossene Unglück und meine durch meinen Beruf später eingetretene Zwangslage, die mich auf einen ständigen Gelderwerb anwies, sodass ich für so viele Jahre die Zeit nicht finden konnte, mich mit dieser Arbeit wieder beschäftigen zu können.

I. Die Theorie der bruchlosen Deformation

A. Tektonische und pelomorphe Deformation

Eine Deformation, d. h. eine Umgestaltung der Form, von Fossilien kann natürlich nur dann eintreten, wenn die Gesteinsschichten, in denen sie eingebettet liegen, selbst deformiert, d. h. durch Druck zusammengedrückt resp. ausgewalzt werden. Und für die Entstehung eines solchen Druckes kennen wir zwei Ursachen:

1. Den tektonischen Druck, der zur Auffaltung von Gebirgen führt und durch den bereits vollständig erhärtete Gesteinsschichten zusammengepresst werden, wobei der gesamte in ihnen liegende, ebenfalls schon versteinerte Fossilgehalt in Mitleidenschaft gezogen, d. h. ebenfalls zusammengedrückt werden muss.
2. Den sedimentären Druck, der die eben erst entstandenen und noch nicht vom Prozess der Verhärtung begriffenen Gesteinsschichten von oben her zusammenpresst dadurch, dass über ihnen sich immer weitere Massen von Sedimenten ablagern und mit ihrem wachsenden Gewicht einen zunehmenden Druck auf die darunter liegenden Schichten ausüben (pelomorpher Druck). Auch hierbei ist die Möglichkeit gegeben, dass der gesamte Gehalt von Fossilien zusammengedrückt wird, jedoch durchaus nicht zusammengedrückt werden muss, da die Gesteinsschicht sich in diesem Fall ja noch nicht in verhärtetem Zustand befindet, ein Zusammendrücken von harten Überresten von Lebewesen also durchaus nicht einzutreten braucht.

In Anwendung auf unser Gebiet der Pelecypoden, werden wir also eine Veränderung durch pelomorphen Druck vor allem bei dünnschaligen Muscheln erwarten müssen, resp. bei solchen, deren Schalen frühzeitig resorbiert wurden (Steinkerne in noch unverhärtetem Zustande), sodass sie unter dem Druck der Belastung eine Volumenverminderung erleiden können, wie dies zugleich bei dem sie umgebenden Schlammsediment selbst der Fall ist. (Pelomorphe Deformation.)[1]

Da der Druck in der Erdrinde, der zur Auffaltung von Gebirgen führt, stets von einer ganz bestimmten Seite her die ursprünglich horizontalen Gesteinsschichten erfasst, wird er auf diese stets von einer Seite her wirken (im Gegensatz zum sedimentären Druck, der immer von oben her zur Wirkung kommen muss), sodass die eingebetteten Fossilien, soweit sie diesem Druck des sie umschliessenden Gesteins nachgeben müssen, ebenfalls (und zwar natürlich ausnahmelos) von einer Seite her zusammengedrückt werden. An diesem Merkmal können wir sofort erkennen, ob bei deformierten Fossilien ein tektonischer oder sedimentärer Druck die Ursache der Deformierung war. Besonders einfach ist diese Unterscheidung dann, wenn wir die Fossilien an Ort und Stelle, d. h. in ihrer sie umschliessenden Gesteinsschicht daraufhin beobachten können, ob sie parallel zur Schichtung oder senkrecht zur Schicht (also von oben her), zusammengedrückt sind. Aber auch dann, wenn eine solche Beobachtung an Ort und Stelle nicht möglich ist und wir beispielsweise ein Material von Fossilien vor uns haben, das bereits aus dem Gestein grösstenteils herausgeschlagen ist, können wir diese Unterscheidung wohl fast

[1] H. Regineck. Die pelomorphe Deformation bei den jurassischen Pholadomyen und ihr Einfluss auf die bisherige Unterscheidung der Arten. Mém. Soc. paléont. Suisse. T. XLII. 1917.

immer mit Sicherheit vornehmen und zwar an Hand von einzelnen Gesteinsplatten, auf denen mehrere Fossilien zugleich liegen. Denn im Falle der tektonischen Deformation müssen diese Fossilien auf unserer Gesteinsplatte je nach ihrer Lage verschiedene Formen aufweisen, während sie bei einem Vorliegen von sedimentärer Zerdrückung in ihren Querschnitten parallel zur Schichtfläche gleich geblieben sein müssen, da ja der Druck auf diesen Querschnitt für alle auf dieser Schichtfläche liegenden Fossilien aus der gleichen Richtung, nämlich von oben gewirkt hat, also die gleiche Veränderung dieser Querschnitte erzeugt haben muss.

Wir können uns diesen Unterschied sehr leicht anschaulich machen, wenn wir uns das eingebettete Fossil als eine Kugel schematisiert vorstellen.

In beiden Fällen, d. h. sowohl durch den tektonischen wie durch den sedimentären (pelomorphen) Druck wird aus der Kugel ein Ellipsoid entstehen. Im ersteren Falle aber wird die kurze Achse dieses entstandenen Ellipsoids parallel mit der Schichtfläche des Gesteins liegen und zwar in der Richtung, in der der tektonische Druck gewirkt hat, während bei der sedimentären Deformation die kurze Achse des Ellipsoids senkrecht zur Schichtfläche stehen wird.

Es wird aber nicht nur die Lage der beiden so entstandenen Ellipsoide eine verschiedene sein, sondern auch die Gestalt der Ellipsoide:

Denn durch den tektonischen Druck wird die Gesteinsschicht nicht nur von der Seite her zusammengedrückt, sondern sie muss, infolge ihres bereits mehr oder minder oder gar vollständig verhärteten Zustandes, auch nach einer der beiden Seiten senkrecht zur Druckrichtung ausweichen, und zwar in gleichem oder ungleichem Masse, sodass die beiden Achsen des entstehenden Ellipsoides, die senkrecht zur Druckrichtung liegen, mehr oder weniger stark verlängert werden (je nach dem Grad der mehr oder minder vollständigen Verhärtung des Gesteins), während die 3. Achse des Ellipsoides, die parallel zur Druckrichtung steht, verkürzt wird. In den meisten Fällen nun kann die von der Seite zusammengedrückte Gesteinsschicht nach oben nicht ausweichen, behindert durch den grossen Druck der auf ihr liegenden Gesteinsmassen. Sie wird vielmehr — wenigstens in den meisten Fälien — parallel zur Schichtfläche einen Ausweg suchen.

Es kann hier jedoch auch der umgekehrte Fall eintreten, dass nämlich die beispielsweise von Süden her zusammengedrückte Gesteinsschicht im Verlauf ihrer Faltung nicht parallel zur Schichtfläche (also nach Osten und Westen) ausweicht, was in einer Verdünnung resp. Auswalzung der Schicht in Erscheinung träte, sondern, dass sie vielmehr nach oben ausweicht, trotz des Druckes der auf ihr liegenden mehr oder minder grossen Gesteinsmassen, was eine Verdickung der Gesteinsschicht zur Folge hätte.

Es sind also beim tektonischen Druck zunächst beide Möglichkeiten vorhanden, nämlich die, dass von den beiden senkrecht zum Druck stehenden Achsen des Ellipsoides die eine o d e r die andere die Längere wird, nämlich entweder die parallel zur Schichtfläche liegende (bei einer Auswalzung) oder die senkrecht zur Schichtfläche stehende (bei einer Verdickung der Gesteinsschicht). In beiden Fällen aber wird durch den tektonischen Druck aus unserer Kugel ein Ellipsoid mit drei verschieden langen Achsen entstehen.[1]

In der Wirklichkeit wird häufig der Fall vorkommen, dass der tektonische Druck mehr oder weniger schief zur Schichtfläche wirkt. Wir können jedoch diesen Fall für unsere theoretische Betrachtung der Umformung einer Kugel zu einem dreiachsigen Ellipsoid ausser acht lassen, da ja unser

[1] Es liesse sich hier natürlich auch ein Sonderfall denken, in dem die Gesteinsschicht sowohl nach der Seite, wie nach oben ausweicht und zwar genau gleichmässig, sodass beide Achsen des Ellipsoids, die senkrecht zur Druckrichtung stehen, einander gleich bleiben, doch können wir diesen möglichen Sonderfall hier ausser acht lassen, da sich praktische Konsequenzen von einigem Wert daraus nicht ergeben.

gedachtes Ellipsoid in den folgenden Ausführungen nur den Zweck haben soll, die Möglichkeit einer schematischen Betrachtung sämtlicher möglichen Lagen einer Muschel zur Druckrichtung zu haben. Unser gedachtes Ellipsoid wird also niemals schief zur Druckrichtung zu denken sein, sondern mit seiner kürzesten Achse immer parallel zur Druckrichtung. Dagegen wird das einzelne Fossil, das wir uns dann bei unserer theoretischen Betrachtung in allen Lagen in unser gedachtes dreiachsiges Ellipsoid eingebettet denken, wohl auch schief zur Druckrichtung zu liegen kommen und in seinen Veränderungen bei solcher schiefen Lage betrachtet werden müssen.

Im Gegensatz hierzu wird durch den sedimentären Druck unsere Kugel stets zu einem Ellipsoid deformiert werden, dessen beide senkrecht zum Druck liegenden Achsen (die ja beide parallel zur Schichtfläche liegen), einander gleich bleiben. Und zwar bleiben sie nicht nur untereinander gleich, sondern sie verändern ihre Grösse überhaupt nicht, da ja die noch weiche Gesteinsschicht vor dem Druck von oben her infolge ihrer ungestörten horizontalen Lage nach keiner Seite ausweichen kann, vielmehr einfach in der Richtung des Druckes zusammengedrückt und komprimiert wird. Sowohl Schicht wie Fossil erleiden also eine Volumenverminderung und zwar im Sinne der einen Dimension — senkrecht zur Schichtung.

Es wird also durch den tektonischen Druck aus unserer Kugel stets ein dreiachsiges Ellipsoid entstehen, dessen kürzeste Achse die Richtung des Druckes angibt, während die längste Achse, die mehr oder weniger parallel oder schief zur Schichtfläche liegt, uns die Richtung des Ausweichens der Gesteinsschicht zeigt. Beim sedimentären Druck dagegen wird aus unserer Kugel stets ein zweiachsiges Ellipsoid, dessen kleinste Achse senkrecht zur Schichtfläche steht, während die beiden anderen Achsen — parallel zur Schichtfläche — unverändert, also untereinander gleich, bleiben.

Beim tektonischen Druck wird demnach das aus unserer Kugel entstandene dreiachsige Ellipsoid dem Volumen nach der Kugel gleich bleiben, während der Inhalt des durch den sedimentären Druck enstandenen zweiachsigen Ellipsoids eine Verminderung im Vergleich zu der ursprünglichen Kugel erleiden wird (und zwar proportional der Verkürzung seiner parallel zum Druck liegenden Achse).

In die Praxis übertragen: behält also ein durch tektonischen Druck deformiertes Fossil sein ursprüngliches Volumen bei, während ein durch sedimentären Druck zusammengedrücktes kleiner wird. Desgleichen wird ein Fossil durch den tektonischen Druck gleichzeitig nach zwei Seiten hin in seiner Gestalt verändert, während es durch den sedimentären Druck nur nach einer Seite hin verändert wird.

Dies wird sich stark ausprägen bei annähernd kugelförmigen Fossilien (wie etwa bei einem zweischaligen Cardium), während es nur wenig ausmacht bei ganz flachen Fossilien (wie etwa bei einer Schale einer flachen Tapes).

Bei dem theoretischen Fall eines ganz flachen, scheibenförmigen Fossils würde ein Unterschied in der Gestalt bei einer Deformation durch tektonischen oder sedimentären Druck überhaupt nicht eintreten. Wir können uns dies ohne weiteres anschaulich machen, wenn wir uns vorstellen, dass wir, nicht wie bisher angenommen eine Kugel, sondern eine kreisrunde Scheibe in unsere Gesteinsschicht einbetten und zwar im Falle des tektonischen Druckes parallel zur Schichtfläche, im Falle des sedimentären (pelomorphen) Druckes senkrecht zur Schichtfläche. In beiden Fällen würde dann aus unserer kreisförmigen Scheibe eine ellipsenförmige Scheibe entstehen, bei der die jeweilig parallel zur Druckrichtung stehende Achse entsprechend dem Ausmasse des Druckes verkürzt, die andere, senkrecht zur Druckrichtung liegende Achse aber in einem Falle zwar verlängert und im anderen Fall nur gleich geblieben, in beiden Fällen aber länger als die andere Achse sein müsste.

Diese Überlegung wird im Folgenden für uns wichtig werden, da wir bei den Deformierungs-Experimenten, die wir speziell an Muscheln vorgenommen haben, die flachen Muscheln als Scheiben

behandelt, ihre kleine dritte Achse also gleichsam ausser acht gelassen haben (die Experimente auf einer ausgezogenen Gummiplatte).[1]

Aus diesen Überlegungen ersehen wir, dass wir an den einzelnen Fossilien eine Unterscheidung, ob sie durch tektonischen oder durch pelomorphen Druck deformiert wurden, nur dann vornehmen können, wenn wir diese Fossilien entweder in ihrer Gesteinsschicht selbst untersuchen können oder aber Stücke von Gesteinsschichten in Händen haben, auf denen mehrere Fossilien zugleich (am besten der gleichen Art) eingebettet sind. Bei einem einzelnen aus dem Gestein ganz herauspräparierten Fossil dagegen, dessen ursprüngliche Gestalt wir nicht von anderen bestimmt undeformierten Vorkommnissen her ganz genau kennen, haben wir zunächst kein äusseres Kriterium dafür, welche Art von Deformation seine Gestaltveränderung hervorgerufen hat.

Es ist dieses Fehlen einer sicheren Unterscheidungsmöglichkeit in der Praxis aber nicht von Bedeutung und zwar aus dem Grunde, weil die Erscheinung der pelomorphen Deformation eine viel seltenere ist und sich im allgemeinen auch nur auf ganz besondere Fossilien erstrecken kann.

B. Die Wirkung des pelomorphen Druckes

Das seltenere Vorkommen der sedimentären Deformation scheint auf den ersten Blick vielleicht unwahrscheinlich, denn es wird natürlich jede Gesteinsschicht im Verlaufe ihrer Entstehung aus weichen und voluminösen Ablagerungen überhaupt erst durch den Druck der darüber sich lagernden weiteren Ablagerungen zu einer Gesteinsschicht, d. h. also jede Gesteinsschicht ist eo ipso unter pelomorphem Druck entstanden, sodass wir zunächst erwarten sollten, dass auch jedes darin eingebettete Fossil durch diesen sedimentären Druck zusammengedrückt wäre. Dies ist jedoch in Wirklichkeit nicht der Fall, da ja die meisten organischen Überreste, die uns als Versteinerungen erhalten sind, bedeutend härter sind, als die sie umgebende Ablagerungsmasse und diese grössere Härte meist auch sehr lange beibehalten.

Solange die Muschelschale ihre ursprüngliche Härte einigermassen beibehält, wird sie durch den Druck, der durch die wachsenden Ablagerungsmassen auf sie ausgeübt wird, zunächst gar nicht in Mitleidenschaft gezogen werden können, da dieses weichere Material unter dem wachsenden Druck von oben her gleichsam an der härteren Schale nach unten entlang gleitet und sich dabei andauernd komprimiert und verfestigt, bis es allmählich den Festigkeitsgrad der eingebetteten Muschelschale erreicht. Erst dann tritt für diese Muschelschale die Tatsache des wachsenden Druckes in Erscheinung, und sie wird von da ab zugleich mit dem inzwischen annähernd gleich hart gewordenen, sie umschliessenden Gesteinsmaterial, zusammengedrückt werden können.

Dem Eintreten dieses Zeitpunktes kommt nun aber die Muschelschale gleichsam entgegen dadurch, dass sie durch den Auflösungsprozess ihrer Schalensubstanz ihren ursprünglichen Härtegrad mehr und mehr verliert, dabei nachgiebiger und zugleich dünner wird, während die sie umschliessende Gesteinsmasse sich immer mehr verhärtet. Der Idealfall ihrer möglichen Deformierung zugleich mit der Gesteinschicht wird also dann eingetreten sein, wenn ihre Schale sich ganz aufgelöst hat und nur noch der von ihr ursprünglich umschlossene Steinkern übrig geblieben ist. Da dieser Steinkern annähernd dieselbe Härte haben wird, wie das ihn umschliessende Gestein, wird er von der immer weiter gehenden Komprimierung der ihn umschliessenden Gesteinmasse, im gleichen Tempo wie diese erfasst

[1] Die Demonstration hat als Grundlage zur Umdeutung der von AGASSIZ bestimmten fossilen Fische aus dem tektonisch deformierten Glarner Dachschiefer gedient. Siehe Alex. WETTSTEIN: Über die Fischfauna des tertiären Glarnerschiefers Abh. d. Schweiz. paläont. Gesellsch. Vol. XIII 1886 und Alb. HEIM: Mechanismus der Gebirgsbildung, Band 1878.

und zusammengedrückt werden. Und zwar wird gerade in diesem Falle seine hierdurch eintretende Deformation eine annähernd oder ganz bruchlose sein. Es zeigt sich dies auch tatsächlich in der Beobachtung, wonach die grosse Mehrzahl aller uns vorliegenden bruchlos deformierten Fossilien von Pelecypoden nur noch Gesteinskerne sind, d. h. keine Schalen mehr (oder nur noch Reste von solchen) aufweisen. Bemerkenswert ist, dass die Resorption der Schalensubstanz von innen nach aussen sich entwickelt, sodass auf dem Steinkern zuletzt nur noch eine dünne Haut mit den äusseren Skulpturen übrig bleibt, welche oft auch direkt auf den Steinkern übertragen werden.

Diese Überlegungen führen uns zu der Erkenntnis, dass der pelomorphe Druck sich auf die eingebetteten Fossilien nur dann in deformierendem Sinne geltend machen wird, wenn der Auflösungsprozess der Schale, im Verhältnis zum Prozess der Verfestigung des Gesteins, ein verhältnismässig rascher ist. Da aber in normalen Verhältnissen speziell Pelecypodenschalen recht widerstandsfähig sind, wird diese Erscheinung der pelomorphen Deformation nicht allzu häufig auftreten. Am häufigsten werden wir sie noch dort finden, wo die Schalen der betreffenden Pelecypoden sehr dünn sind, wie dies z. B. bei den meisten Arten der Pholadomyen der Fall ist.

Mussten wir also bei der Betrachtung der sedimentären Deformation im ersten Moment aus der theoretischen Vorstellung heraus zu der Befürchtung kommen, es könne der ganze Fossilgehalt sämtlicher Sedimentschichten in Wirklichkeit durch den sedimentären Druck deformiert sein, weil ja jede Gesteinschicht, ohne Ausnahme, unter der Einwirkung von sedimentärem Druck entstanden sein muss, so zeigt uns doch die Praxis und daran anschliessend wiederum die theoretische Betrachtung glücklicherweise sehr bald, dass eine solche allgemeine deformierende Wirkung nicht zu befürchten ist, vielmehr sich im allgemeinen nur auf solche Arten auswirken wird, deren versteinerte Überreste von vornherein nur eine geringe Festigkeit aufweisen. Ebenso bei Gesteinen, die von vornherein nicht pelomorph deformierbar sind, wie oblitische und korallogene Kalke, Sandsteine etc.

Wesentlich komplizierter liegen nun die Verhältnisse bei der Deformierung von Fossilien durch den in den meisten Fällen erst nach der vollständigen Verhärtung, in einzelnen Fällen aber auch vor der noch ganz abgeschlossenen Verhärtung eingetretenen tektonischen Druck.

C. Die Wirkung des tektonischen Druckes

In weitaus den meisten Fällen sind die Gesteinschichten, die vom Gebirgsdruck erfasst, aufgefaltet, übereinandergeschoben, zusammengepresst oder ausgewalzt werden, bereits längst in verhärtetem Zustand. An den Stellen, an denen sie vom Gebirgsdruck zusammengedrückt oder ausgewalzt werden, wird naturgemäss auch ihr ganzer Fossilgehalt, genau entsprechend dem Ausmasse dieses Druckes, zusammengedrückt, resp. ausgezogen werden. Denn in solchen alten und vollständig verhärteten Gesteinen ist auch der Fossilisationsprozess fast stets so weit fortgeschritten, dass die Fossilien bereits entweder nur noch Gesteinskerne darstellen, die sich natürlich gar nicht anders dem Druck gegenüber verhalten wie die gleichartige sie umschliessende Gesteinsschicht, oder aber sie sind, besonders bei Muscheln und Schnecken, bereits vollständig in kalzitisierten Zustand übergegangen. In letzterem Falle wird dann ihre Festigkeit in den meisten Fällen ebenfalls annähernd die gleiche sein, wie die des umschliessenden Gesteins. Wir werden also bei allen Gesteinsschichten, die durch den Gebirgsdruck zusammengedrückt oder ausgewalzt werden, auch mit einem entsprechend deformierten Fossilinhalt rechnen müssen.

Danach sollten wir eigentlich erwarten, dass bei der grossen Häufigkeit stark mitgenommener Schichten dieses Problem der Deformation von Fossilien mit der sich daraus ergebenden Gefahr von

Fehlbestimmungen schon längst in seiner ganzen Tragweite erkannt worden sein müsste. Wenn dies nun merkwürdigerweise dennoch nicht der Fall ist, so liegt der Grund zunächst einmal darin, dass durchaus nicht alle durch den Gebirgsdruck stark gestörten Schichten auch tatsächlich eine Verdickung oder eine Auswalzung erfahren haben. Ja es werden wohl die meisten fossilführenden Gesteinschichten infolge ihrer totalen Verhärtung auch bei der Auffaltung und Überschiebung grösstenteils ihre ursprüngliche Dicke behalten haben. Wo sie aber wirklich stark zusammengedrückt oder ausgewalzt sind, ist ihr Fossilinhalt in den meisten Fällen so zerstört und mit dem umliegenden Gestein so verwachsen, dass die einzelnen Fossilien gar nicht mehr oder nur stückweise herauspräpariert werden können. Aber selbst da, wo diese Möglichkeit noch vorliegt und aus derartig gepressten Gesteinen noch einigermassen gut kenntlichen Fossilien vorliegen, sind dieselben fast ausnahmelos so zertrümmert und schon auf den ersten Blick verunstaltet, dass eine Gefahr von Fehlbestimmungen kaum vorlag, diese Gefahr also und damit das ganze Problem der bruchlosen Deformation von Fossilien gar nicht ins Bewusstsein rückte: Denn ein Problem ist ja eigentlich nur die ganz oder annähernd bruchlose Deformation, da hier die einzelne Versteinerung keine oder nur sehr geringe Merkmale dafür aufweist, dass ihre Gestalt nicht mehr die primäre ist. Erst dadurch aber entsteht die Gefahr, dass diese Deformationsformen für ursprüngliche Formen gehalten und daraufhin als neue, bisher unbekannte Arten und Variationen bestimmt werden.

Wann und durch welche Umstände nun dieser gefährliche Fall einer bruchlosen Deformation von Fossilien eintritt, werden wir aus den folgenden Experimenten ersehen.

Hier sei vorerst nur soviel erwähnt, dass dieser, für die Bestimmung so gefährliche Fall, der bruchlosen Umformung des gesamten Fossiliengehaltes, eben in den hier zur Bearbeitung vorliegenden Schichten der St. Galler Meeresmolasse gleichsam in Reinkultur vorliegt und in den Arbeiten von Mayer-Eymar auch prompt zu einer irrtümlichen Aufstellung vieler neuer Arten und Variationen geführt hat, die in Wirklichkeit nur Deformationsformen ein und derselben Art sind.

Warum nun gerade in diesen Schichten die Fossilien so ungewöhnlich «schön», d. h. eben ohne dabei in Trümmer zu gehen, zusammengedrückt wurden, können wir theoretisch zunächst nicht so ohne weiteres begründen.

Betrachten wir das grosse uns vorliegende Material von Muscheln, so können wir bezüglich der Bruchlosigkeit zunächst folgende Beobachtungen machen:

Ein grosser Teil der vorliegenden Muscheln ist geringfügig, mittelstark oder aber auch sehr stark durch den Druck zertrümmert, also in den verschiedensten Ausmassen. Und es erstreckt sich diese mehr oder minder weitgehende Zertrümmerung sowohl auf die blossen Gesteinskerne, wie auch auf diejenigen Muscheln, die infolge einer ursprünglich sehr dicken Schale, dieselbe ganz oder teilweise beibehalten hatten. Die tektonische Beeinflussung ist hier offenbar.

Der andere Teil dieser Pelecypoden-Fauna, und zwar der grössere, hat sich dagegen bei der Deformation gleichsam wie eine plastische Masse verhalten und in seinen Formen grossenteils ohne die geringsten Bruchstellen so umgeformt, dass sogar ein so geübtes Auge, wie das Mayer-Eymars, die Spuren so entstandener Deformation häufig nicht als solche erkannte. Und zwar erstreckt sich diese plastische Umformung auch hier sowohl auf die blossen Steinkerne wie auch auf diejenigen Fossilien, bei denen noch die Schale erhalten ist.

Diese Tatsache, dass das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Muschelschale keinen entscheidenden Einfluss darauf ausgeübt hat, ob das einzelne Fossil bei dem Zusammendrücken in die Brüche ging oder nicht, muss uns zu denken geben. Ebenso die Tatsache, dass die gleichen Arten

von Muscheln im gleichen Gestein teilweise ohne zu brechen und teilweise unter Zertrümmerung deformiert wurden.

Auffallend ist weiterhin die Beobachtung, die wir an dem vorliegenden Material anstellen können, dass einzelne Arten (wie z. B. die Cardien, die Tapes) grösstenteils sehr weitgehend deformiert wurden, während andere (wie z. B. die Steinkerne der verschiedenen Venusarten) in geringerem Ausmasse von der Deformation ergriffen wurden. Wir können bei der Betrachtung des ganzen Materials überhaupt eine Ungleichheit des Ausmasses der Deformation feststellen, sodass wir zu der Anschauung kommen müssen, dass entweder die Gesteinsschicht der Meeresmolasse an manchen Stellen mehr, an anderen wieder weniger zusammengedrückt wurde, dass also die ganze Gesteinsschicht sich dem Druck gegenüber ungleich verhalten hat oder aber dass der Druck nicht überall der gleiche gewesen sein kann und endlich, dass der Fossilgehalt dem Druck des umschliessenden Gesteins an den einen Stellen mehr, an den anderen wieder weniger weitgehend nachgegeben hat.

Diese Beobachtungen legen uns die Vermutung nahe — und dieselbe ist durch unsere späteren Experimente bestätigt worden — dass in unserem Falle der St. Galler Meeresmolasse, die Verhältnisse nicht so lagen wie gewöhnlich, dass nämlich der Erhärtungszustand von Fossil und umschliessender Gesteinsmasse nicht etwa genau gleich und die Verfestigung beiderseits vollständig abgeschlossen war. Es muss vielmehr der Verhärtungsprozess dieser, bei Beginn der Alpenaufstauung verhältnismässig noch sehr jungen Sedimentschichten, noch nicht ganz beendet gewesen sein, sodass die umschliessende Gesteinsmasse stellenweise noch etwas weicher war als die umschlossenen Fossilien, deren Schalen sich zur Zeit der Aufrichtung und Pressung dieser Schichten noch nicht völlig aufgelöst hatten, somit noch um einen geringen Grad fester waren als das sie umschliessende Gestein. Dies war wohl besonders der Fall bei mergelig-tonigen Schichten. In diesem Falle konnte das umschliessende Gestein bei dem einsetzenden tektonischen Druck um das um ein weniges härtere Fossil gleichsam herumfliessen, ohne dessen härtere Oberfläche zu zertrümmern. Das einzelne Fossil wurde durch den einsetzenden Druck zwar ebenfalls mehr oder weniger weitgehend zusammengedrückt, konnte aber, dank seiner grösseren Festigkeit, das umschliessende, etwas weichere Einbettungsmaterial gleichsam seitlich abstossen, ohne dass dieses die härtere Oberfläche des Fossils hätte angreifen oder gar zerstören können.

Wo diese Verhältnisse so lagen, also bei den dickschaligen Muscheln, sowie bei denen, deren Schalen noch nicht weit zersetzt waren, oder ein schon weitgehend erhärteter Steinkern besassen, trat auf diese Weise eine bruchlose Deformation ein, während diejenigen Exemplare, die dünne, widerstandlose Schalen aufweisen oder deren Schalen bereits stark zersetzt waren und keine grössere Festigkeit mehr hatten als das umliegende Gestein und an ihrer Oberfläche somit durch das Abschürfen des gleitenden, umschliessenden Gesteins zerstört wurden (deutliche Rutschflächen).

Wir werden auf diese durch Beobachtung an Material und durch anschliessende theoretische Erwägungen gefundene Theorie der Entstehung einer bruchlosen Deformation anlässlich der später zu beschreibenden Experimente zurückkommen und uns diese Theorie durch das Experiment praktisch bestätigen lassen.

Im Folgenden lassen wir nun bei der Aufstellung unseres Schemas der Deformation diejenigen Umformungen, die unter einer Zertrümmerung des Fossils vor sich gehen, naturgemäss ganz aus dem Spiel, da sie sich weder in ein System fassen lassen, noch auch eine Gefahr für Fehlbestimmungen ergeben. Wir beschränken uns vielmehr ausschliesslich auf die Erscheinung der bruchlosen Deformation, die wir versuchen wollen, in ihrer Wirkung auf Fossil-Zweischaler zunächst ganz allgemein und dann speziell auf die einzelnen Arten hin zu untersuchen.

II. Das Schema der Deformation von fossilen Zweischalern

Nachdem wir durch die Beobachtung des uns vorliegenden Pelecypoden-Materials zu der Überzeugung gelangt sind, dass die ungezählten verschiedenen Formen unserer Zweischaler aus der St.Galler Meeresmolasse, nicht durch natürliche Variation, sondern durch die deformierende Wirkung des Gebirgdruckes entstanden sind und diese Überzeugung als eine neue Theorie aufgestellt haben, stehen wir vor der Notwendigkeit, diese Auffassung zunächst theoretisch und dann praktisch, d. h. durch das Experiment zu beweisen.

Um sie theoretisch zu beweisen, müssen wir uns überlegen, welche Veränderungen der Formen für die einzelnen Muschelarten und dann vor allem auch für die Muscheln als Allgemeinheit durch die angenommene Tatsache der Deformation eintreten müssten. Die auf diese Weise theoretisch gefundenen Notwendigkeiten für die Veränderung der Formen müssen wir dann durch den praktischen Vergleich an unserem Material wiederum bestätigt finden. D. h. wir müssen zunächst aus der Theorie alle möglichen Deformationsformen erschliessen und daraufhin diese sämtlichen Deformationsformen und alle allgemeinen Deformationserscheinungen ausnahmelos bei unserem Material auch praktisch vorfinden. Erst dann haben wir den theoretischen Beweis für unsere neue Theorie geliefert.

Wir müssen uns also zunächst die Frage stellen und beantworten:

Welche Veränderung muss eine Muschel erleiden, d. h. welche neuen Formen müssen aus ihr entstehen, wenn sie, in allen möglichen Lagen im Verhältnis zur Druckrichtung eingebettet, in einem gewissen Grade zusammengedrückt bezw. gestreckt wird.

Wir sagen hier ausdrücklich «eine Muschel», d. h. wir setzen an Stelle der vielen verschiedenen Formen aller Muschelarten eine hypothetische Allgemeinform, also gleichsam eine stilisierte Muschel. Aus den notwendigen Veränderungen, die diese stilisierte Muschel bei allen denkbaren verschiedenen Lagen zur Druckrichtung erleiden muss, werden wir auf diese Weise ein Schema der Deformation von Muscheln erhalten, aus dem wir dann später die entsprechenden Formveränderungen für die verschiedenen einzelnen Arten, aus diesen Formveränderungen ohne weiteres ableiten können. Der Einfachheit halber wollen wir diese, unsere stilisierte Muschel, zunächst nur als zweidimensionales Flächengebilde auffassen und sie dann erst als dreidimensionales, räumliches Gebilde betrachten und in einer Allgemeinform zur Darstellung bringen.

Eine solche brauchbare Stilisierung einer Muschelschale als Flächengebilde finden wir am besten im ungleichseitigen Dreieck. Wie dies gemeint ist, ersehen wir mit einem Blick aus der nebenstehenden Abbildung (Fig. 2). Danach veranschaulicht die Dreieckseite a die Länge, h die Höhe der Muschelschale und der rechte Winkel d den Winkel des sogenannten «Wirbels» der Muschel.

Denken wir nun dieses unser Dreieck in allen denkbaren Lagen in einen Kreis hinein (Fig. 3), den wir durch Zusammendrücken in der Richtung der einen Achse d zu einer Ellipse von gleicher Oberfläche zusammendrücken (Fig. 4).

Es entspricht damit diese Kreisfläche, auf der unsere Muscheln flach (d. h. mit dem Schalenrand parallel zur Schichtfläche) aufliegen, der Schichtfläche in dem Gestein. Aus den hierdurch entstehen-

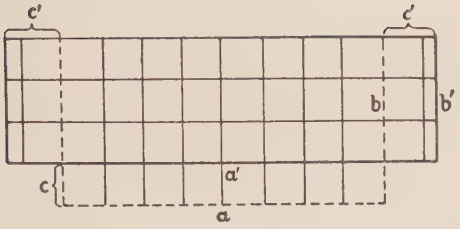


Fig. 1

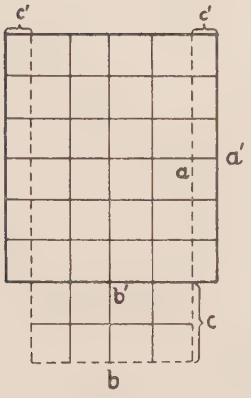


Fig. 1a

Schema der tektonischen Deformation in Anwendung auf ein Rechteck, das mit seiner Längsachse einmal senkrecht (Fig. 1) und einmal parallel (Fig. 1a) zur Druckrichtung liegt.

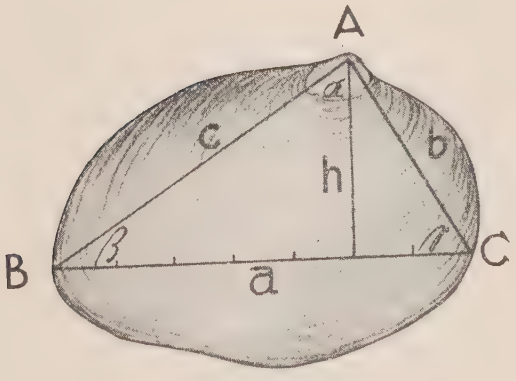


Fig. 2

den veränderten Formen unseres ursprünglichen Dreiecks ersehen wir an Hand der nebenstehenden Konstruktionsskizze, dass hierbei acht verschiedene Typen von Deformationsformen unseres Dreiecks entstehen (Fig. 4). Natürlich gibt es zwischen allen diesen Typen theoretisch unendlich viele Übergangformen, die aber nichts prinzipiell Neues mehr ergeben können, in unserem Schema also ausser acht gelassen werden dürfen.

Von diesen acht Deformationsformen aber sind wiederum die Typen I und I′, II und II′, III und III′, IV und IV′ in der Form einander gleich, nur dass hier links und rechts miteinander vertauscht ist (was aber praktisch unberücksichtigt bleiben kann, weil ja fast alle Muscheln eine gleiche oder annähernd gleiche rechte und linke Schalenhälfte haben). In Wirklichkeit können also nur vier Deformationstypen aus unserem ursprünglichen Dreieck entstehen.

Diese vier verschiedenen Deformationstypen unseres ursprünglichen Dreiecks nun weisen folgende charakteristische Merkmale auf:

In Typ I ist eine sehr lange und dementsprechend sehr schmale Form entstanden. Die Höhe h ist maximal verkürzt, die Länge a maximal verlängert. Dabei ist aber die Stellung des Scheitels A (des Winkels α) im Verhältnis zu seiner Grundfläche a seiner Lage nach gleichgeblieben, d. h. das von dem Scheitel A aus auf die Grundfläche a gefällte Lot (die Höhe h) teilt diese Fläche a im Verhältnis 2:5, also genau gleich wie in unserem ursprünglichen Dreieck. Aus dem rechten Winkel ist ein stumpfer Winkel geworden.

In Typ III sehen wir genau das Gegenteil eintreten wie bei Typ I: Das entstandene neue Dreieck zeigt eine kurze, hohe Gestalt; die Grundfläche a ist maximal verkürzt, die Höhe h dementsprechend maximal verlängert, der rechte Winkel α ist zu einem spitzen Winkel geworden. Unverändert geblieben ist aber auch hier die Lage des Wirbels A im Verhältnis zu seiner Grundfläche a, d. h. das vom Scheitel A auf die Grundfläche a gefällte Lot (die Höhe h) teilt diese Grundfläche ebenso wie bei dem ursprünglichen undeformierten Dreieck im Verhältnis 2:5. Diese letztere Eigenschaft haben also beide Extreme der Deformationsformen I und III gemeinsam.

Zwischen diesen Typen I und III liegt der Typ II. Ebenfalls eine lange, schmale Gestalt, aber nicht so extrem lang und nicht so extrem schmal wie der Typ I. Der ursprünglich rechte Winkel α ist zu einem spitzen Winkel geworden, doch nicht so spitz wie beim Typus III. Alle diese Merkmale sind aber nicht das eigentlich Charakteristische an diesem neuen Typ II, was wir uns ohne weiteres klar machen können, wenn wir uns die vielen Übergangsformen vorstellen, einerseits zu dem extremen Typ I, andererseits zu dem extremen Typ III. Bei diesen Übergangsformen wird in einem Falle, d. h. bei denen nach Typ I zu, die schmale, längliche Form immer ausgeprägter zu Tage treten und der Winkel α immer stumpfer werden, während die Übergangsformen nach Typ III zu immer ausgeprägter kürzere, höhere Formen ergeben werden, bei zunehmendem Spitzerwerden des Winkels α.

Das eigentliche Charakteristikum dieses Zwischentypus II liegt vielmehr in der Verschiebung des Scheitels A im Verhältnis zur Grundfläche a und zwar dergestalt, dass dieser Scheitel A extrem nach der Seite hin wandert. Demgemäss sehen wir, dass das vom Scheitel A auf die Grundfläche a gefällte Lot (die Höhe h) diese Grundfläche nicht mehr wie bei der Urform unseres Dreiecks (oder auch wie bei den beiden extremen Deformationstypen I und III) im Verhältnis 2:5 teilt, sondern vielmehr im Verhältnis 1:6. Und diese Erscheinung bleibt auch in mehr oder minder stark ausgeprägtem Grade bei allen Übergangsformen des Typus II zu dem extrem langen Typ I oder dem extrem kurzen Typ III.

Das Charakteristikum des Deformationstyp II liegt also in der Verschiebung des Scheitels A nach der Seite.

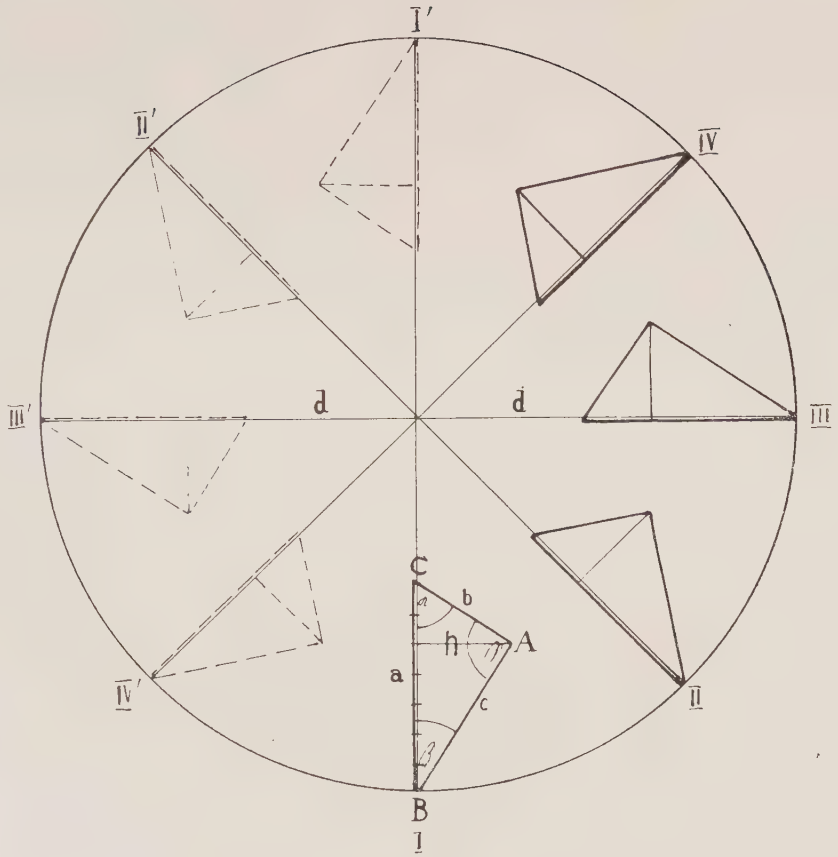

I'
II'
IV
III'
d
d
III
C
b
h
A
a
c
IV'
II
B
1

Fig. 3

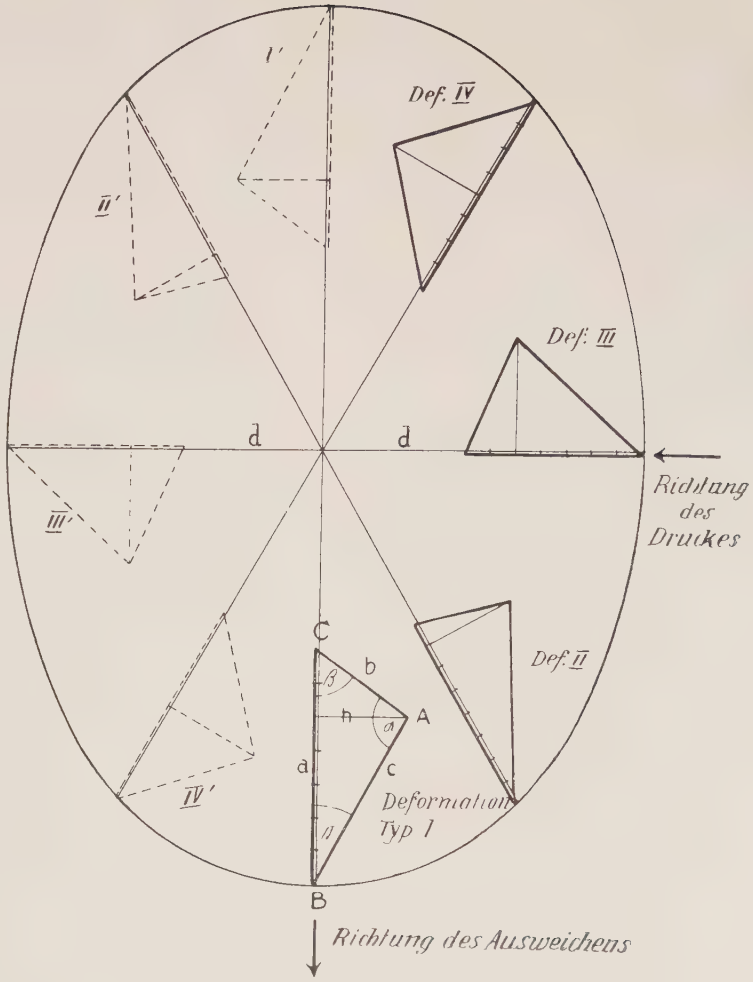

I'
Def. IV
II'
Def. III
d
d
III'
Richtung des Druckes
C
b
h
A
a
c
Def. II
IV'
Deformation Typ 1
B
Richtung des Ausweichens

Fig. 4

Genau die umgekehrte Erscheinung wie beim Typ II sehen wir dann in Typ IV. Hier ist der Scheitel A so stark nach der Mitte zu gewandert, dass das von ihm aus auf die Grundfläche a gefällte Lot (die Höhe h) dieselbe nicht mehr im Verhältnis 2:5 teilt, wie bei den extremen Deformationsformen I und III und auch nicht im Verhältnis 1:6 wie beim Typ II, sondern im Verhältnis 4:4. Und dies ist das eigentliche Charakteristikum dieses neuen Deformationstyp IV, während seine anderen Eigenschaften, nämlich die Verlängerung oder Verkürzung der Grundfläche a und die Verlängerung oder Verkürzung der Höhe h, kein charakteristisches Merkmal darstellen, da sich diese Grössenverhältnisse bei den Übergangsformen nach den extremen Typen I′ und III so verschieben, dass die Grundfläche a wie die Höhe h sowohl länger als auch kürzer sein können, als beim ursprünglichen Dreieck.

Dasselbe gilt auch für die Grösse des Winkels α, der sowohl ein rechter Winkel bleiben kann (wie bei der ursprünglichen Form unseres undeformierten Dreiecks) oder bei den Übergangsformen zu Typ I′ bezw. Typ III hin ein mehr oder weniger stumpfer bezw. spitzer wird.

Es bleibt aber bei allen diesen Übergangsformen vom Typ IV zu Typ I′ oder Typ III stets das neue Charakteristikum; dass nämlich der Scheitel A nach der Mitte zu wandert. Wir könnten uns hier natürlich geometrisch sachlicher ausdrücken, indem wir sagen, dass bei den Typen II und IV in bezug auf die beiden Schenkel $b-c$ ein maximal ungleichschenkliges resp. ein gleichschenkliges Dreieck entsteht. Da wir jedoch die Veränderungen unseres ursprünglichen Dreiecks unter dem Gesichtspunkt beschreiben, dass wir diese Veränderungen nachher auf die eigentlichen Muschelformen übertragen müssen, ist es für unsere Zwecke anschaulicher, gleichsam ungeometrisch von einem «Wandern» des Scheitels nach der Seite resp. nach der Mitte zu zu reden.

Aus demselben praktischen Gesichtspunkt heraus lassen wir auch die weiteren Veränderungen, wie z. B. für die Winkel β und γ ausser Betracht.

Übertragen wir nun diese Veränderungen unseres ursprünglichen Dreiecks, wie wir sie in unseren vier Deformationstypen erfasst haben, gleich in die Praxis, d. h. auf die wirkliche Muschelform, so kommen wir zu folgenden einfachen Deformationserscheinungen:

Typus I: Die ursprüngliche Form ist extrem in die Länge gezogen, die Höhe dementsprechend verkürzt, der Wirbel stumpfer geworden, die linke und rechte Ecke aber spitzer. Dagegen ist die Lage des Wirbels die gleiche geblieben.

Typus II: Der Wirbel wandert extrem nach einer Seite hin, wobei er spitzer oder stumpfer werden oder auch seine ursprüngliche Form beibehalten kann. Das Muscheleck B wird spitzer, das Muscheleck C stumpfer. Kurz gesagt: die Form wird extrem schief und unsymmetrisch.

Typus III: Die ursprüngliche Form ist extrem verkürzt. Die Höhe hat dementsprechend zugenommen. Der Wirbel der Muschel ist spitzer geworden, dafür die beiden Ecken stumpfer (d. h. abgerundeter). Dagegen ist die Lage des Wirbels die gleiche geblieben.

Typus IV: Der Wirbel wandert extrem nach der Mitte zu, wobei er spitzer oder stumpfer werden oder auch seine ursprüngliche Form beibehalten kann. Das Muscheleck C wird spitzer, das Muscheleck B stumpfer. Kurz gesagt: die Form wird eigenartig symmetrisch.

Fassen wir vollends alle diese Veränderungen, in Hinsicht auf die zahllosen Übergangsformen, die zwischen unseren vier Typen noch als möglich gedacht werden können, gleichsam als einzelne Bewegungsvorgänge zusammen, so bekommen wir folgende Deformationserscheinungen:

1. Die Formen werden in die Länge gezogen oder stark verkürzt (Typen I und III als Extreme).
2. Der Wirbel wird stumpfer oder spitzer. Die beiden seitlichen Ecken resp. Rundungen werden stärker gebogen oder in ihrer Rundung abgeflacht (Typen II und IV als Extreme).

3. Der Wirbel wandert nach der Seite hin, wodurch ganz unsymmetrische Gestalten entstehen (Typ II als Extrem); oder nach der Mitte zu, was ein Symmetrischwerden ursprünglich unsymmetrischer Gestalten zur Folge hat (Typ IV als Extrem). (Ursprünglich symmetrische Gestalten werden natürlich sowohl in Typ II wie in Typ IV unsymmetrisch und zwar entweder nach links oder nach rechts hin.)

In diesen drei allgemeinen Deformationserscheinungen:

Verlängerung oder Verkürzung,

Stumpfer- oder Spitzerwerden des Wirbels resp. der beiden Seitenrundungen,

Wandern des Wirbels nach der Seite oder nach der Mitte hin,

können wir tatsächlich die sämtlichen Veränderungsmöglichkeiten, die eine Muschel in ihren für die Bestimmung wichtigen Teilen erleiden kann, für unsere praktischen Zwecke der Bestimmung erschöpfend genug zusammenfassen.

Wir haben uns also an dieser schematischen Klarlegung der Folgen der Deformation auf unsere als Dreieck stilisierte Muschel zunächst klar machen können, dass in bezug auf die parallel zur Schichtfläche liegenden Muscheln aus der ursprünglichen Gestalt zwar theoretisch unendlich viele Deformationsformen entstehen können (entsprechend den unendlich vielen verschiedenen Lagen zur Druckrichtung, die sie schon allein in dieser einzigen Ebene einnehmen können), dass aber trotz dieser unendlichen Anzahl möglicher Deformationsformen nur vier verschiedene Deformationstypen entstehen können resp. nur drei Deformationserscheinungen, die für die Praxis, d. h. für die Bestimmung der betreffenden deformierten Muscheln, von ausschlaggebender Wichtigkeit sind.

Musste uns also die erste theoretische Überlegung, wonach schon für eine einzige Ebene aus der ursprünglichen Form eine theoretisch unendliche Anzahl von Deformationsformen durch das Phänomen der bruchlosen Deformation entstehen muss, die Befürchtung eingeben, es könne eine genaue Bestimmung deformierter Fossilien praktisch unmöglich werden, so kommen wir doch durch das weitere Durchdenken unseres Deformationsschemas zu der tröstlichen Einsicht, dass diese theoretische Unendlichkeit der möglichen Deformationsformen sich für die Praxis dennoch in ihren Möglichkeiten auf die Entstehung neuer Formen durchaus übersehen lässt und dass somit, zunächst wenigstens, für diese eine betrachtete Ebene die Möglichkeit einer genauen Bestimmung aller in ihr entstandenen Deformationsformen sich ergibt.

Dennoch muss unsere ursprüngliche Befürchtung, es müsse das Zusammendrücken einer Gesteinsschicht mit dem in ihr enthaltenen gesamten Inhalt von Fossilien eine so unübersehbare Fülle verschiedener Deformationsformen erzeugen, dass eine praktische Übersicht zum Zwecke einer genauen Bestimmung der ursprünglichen Arten nicht mehr möglich sein werde, sofort wieder aufsteigen, wenn wir uns klar machen, dass wir bisher bloss die möglichen Veränderungen einer Muschel bei ihren verschiedenen möglichen Lagen nur für eine einzige Ebene, nämlich die Schichtebene, betrachtet haben. Machen wir uns aber klar, dass es derartiger Ebenen in unserer gedachten Kugel, die zu einem dreiachsigen Ellipsoid verdrückt wird, ebenfalls unendlich viele gibt, so muss uns das Problem der Erfassung all dieser unendlich vielen Deformationsformen in unseren unendlich vielen Ebenen zunächst wiederum als unmöglich erscheinen.

Gehen wir nun aber diesem Problem ebenfalls schematisch zu Leibe, so werden wir bald sehen, dass zwar die Anzahl der möglichen Deformationsformen einer Muschel bei einer solchen Betrachtung all ihrer räumlich verschiedenen Lagen zur Druckrichtung, zwar theoretisch vollständig unübersehbar werden muss, dass aber auch hier die Anzahl der eigentlichen Formentypen ebenfalls eine ganz begrenzte und für den praktischen Zweck der Bestimmung übersehbare bleibt. Ja wir werden im Fol-

genden sehen, dass der unendliche Reichtum verschiedener Deformationsformen, der aus einer einzigen Art infolge ihrer unendlich verschiedenen Lagerungsmöglichkeiten zur Druckrichtung sich ergibt, in der Praxis dennoch zu einem ganz einfachen Schema der möglichen Deformationsformen für die hier betrachtete Formenwelt der Muschel zusammengezogen werden kann.

Für dieses Schema brauchen wir nun natürlich ein räumliches Gebilde, d. h. wir kommen nicht mehr mit unserem in einer Ebene liegenden Dreieck aus, das ja gleichsam nur die Projektion des Umrisses einer Muschel auf eine Ebene darstellen sollte.

Infolgedessen müssen wir jetzt auch beide Schalenhälften berücksichtigen, da wir schon aus der blossen Anschauung heraus uns klar machen können, dass bei einer solchen räumlichen Auffassung sich die beiden Schalenhälften einer Muschel infolge ihrer verschiedenen Lage zur Druckrichtung im Verlaufe der Deformation auch verschieden verhalten müssen, d. h. dass von zwei in natürlichem Zustande aufeinander liegenden Schalenhälften, die eine infolge ihrer verschiedenen Lage im Verhältnis zur anderen auch eine verschiedene Gestalt annehmen muss.

Wir könnten uns nun zu diesem Zwecke ebenfalls wieder eine geometrisch schematisierte Form schaffen, doch wird sich im Folgenden erweisen, dass es praktischer ist, uns für diesen Fall näher an die Natur anzulehnen und einfach eine Muschel mit der so typischen Herzform (Cardium) als Schema zu nehmen. Wir werden daran die in allen weiteren Ebenen notwendigerweise auftretenden Deformationserscheinungen praktisch, d. h. für die Bestimmung ausreichend, genug studieren können.

Von den unendlich vielen Ebenen, die wir uns durch eine Kugel gelegt denken können, beschränken wir uns zunächst auf die mit 45° sich schneidenden vier Ebenen, die senkrecht auf der Schichtfläche stehen. Und die in der Schichtfläche liegenden Durchmesser dieser Ebenen sollen mit unseren bisher betrachteten Durchmessern der Fig. 3, I und I′, II und II′, III und III′, IV und IV′ zusammenfallen. In diese vier Ebenen denken wir uns wiederum zunächst noch unser schematisiertes Muscheldreieck in allen möglichen Lagen eingebettet. Wird nun unsere Kugel zu einem dreiachsigen Ellipsoid zusammengedrückt und zwar in der Richtung der Achse *d*, so werden aus allen diesen vier Kreisebenen hierdurch wiederum Ellipsen (mit mehr oder minder verschiedenen Durchmessern), so dass wir in bezug auf die äusseren Umrisse unseres schematisierten Muscheldreiecks zunächst für jede dieser Ebenen dieselben vier Deformationstypen wieder finden müssen, wie wir sie in der anfangs behandelten Ellipse parallel zur Schichtfläche gefunden haben. Ein Unterschied kann hier nur im Ausmass der dort kennen gelernten verschiedenen Deformationserscheinungen eintreten, proportional der verschieden starken Verlängerung resp. Verkürzung der betreffenden Durchmesser dieser Ellipsen. Irgendeine neue Deformationserscheinung dagegen kann für unser Dreieckschema nicht eintreten.

In die Praxis übersetzt heisst das: in bezug auf die flächenhafte Auffassung unserer Muschel, d. h. auf ihre äusseren Umrisse, können keine weiteren Deformationstypen entstehen als die vier bereits bekannten und keine neuen Deformationserscheinungen als die drei, die wir bei der Betrachtung der parallel zur Schichtfläche gedachten Ebene kennen gelernt haben. Dagegen können wir sagen, dass unsere vier Deformationstypen in jeder denkbaren Ebene unseres Ellipsoides auftreten müssen, da jede dieser Ebenen aus einem Kreisschnitt zu einer Ellipse zusammengedrückt wird. (Die beiden Ebenen, die auch in einem Ellipsoid Kreisflächen bleiben, in denen also unsere vier Typen nicht entstehen, könnnen wir hier als Grenzfälle unberücksichtigt lassen.)

Diese vier Typen werden aber natürlich in den verschiedenen Ebenen verschieden stark ausgeprägt sein, am stärksten in der Ebene I und I′, am schwächsten in der Ebene III—III′.

Entstehen nun für unsere Muschel in bezug auf ihre äusseren Umrisse (d. h. also ihrem Schalenrand) in diesen vier neuen Ebenen keine anderen Deformationsformen, als wir sie bereits in der Schicht-

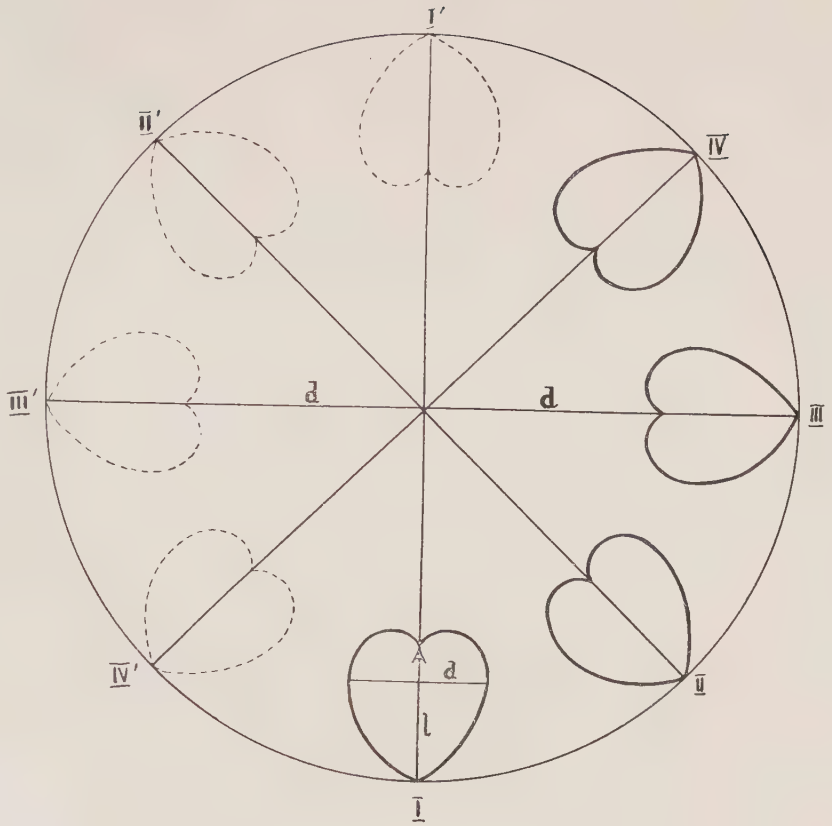

I′
II′
IV
III′
d
d
III
IV′
II
A
d
l
I

Fig. 5

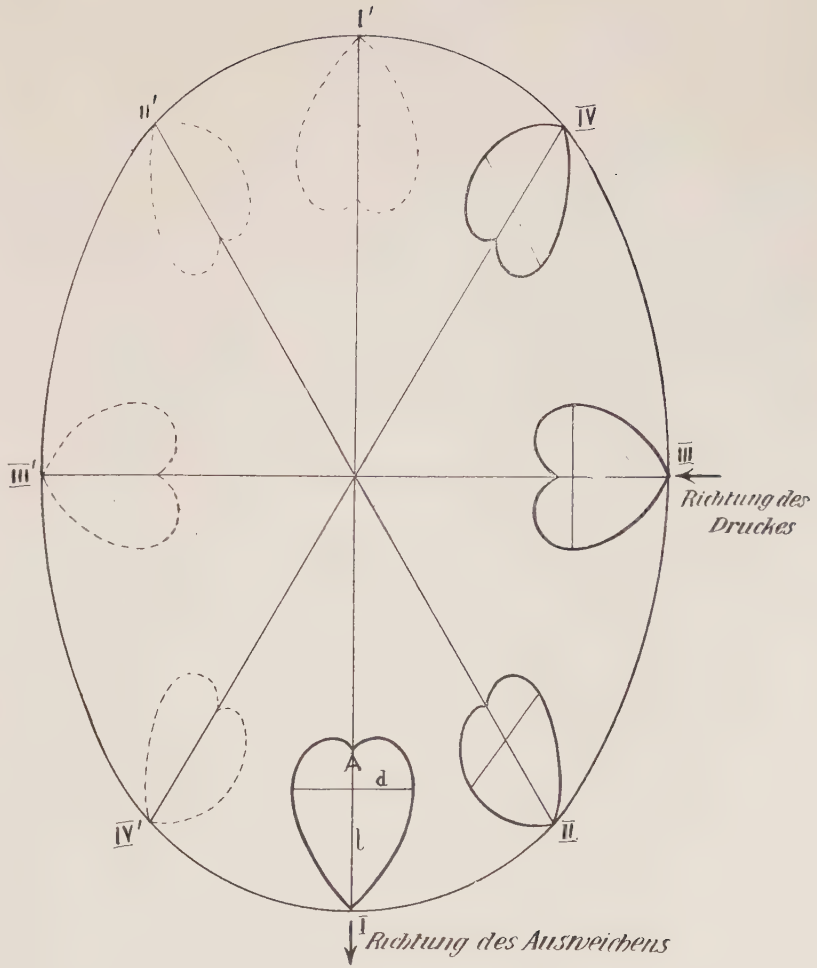

I′
II′
IV
III′
III
Richtung des Druckes
IV′
II
A
d
l
I
Richtung des Ausweichens

Fig. 6

ebene kennen gelernt haben, so wird dies sofort anders, sobald wir sie als räumliches Gebilde (in der erwähnten stilisierten Herzform) auffassen. Denken wir uns diese Herzform parallel zu den Ebenen I—I′, II—II′, III—III′ und IV—IV′ jeweils in den vier typischen Lagen eingebettet (wie wir dies in Fig. 5 veranschaulicht haben), so müssen durch das Umformen unserer gedachten Kugel zu einem dreiachsigen Ellipsoid durch Druck, in der Richtung der Achse *d*, folgende Erscheinungen auftreten:

Die in der Ebene I—I′ liegenden Herzformen werden in bezug auf ihre Dicke *d* zusammengedrückt, sodass aus bauchigen Formen flache Formen entstehen. Und zwar tritt dieses Flachwerden selbstverständlich für alle vier Typen dieser Ebene ein. Wir erhalten also auf diese Weise vier neue Deformationstypen:

A. plattgedrückte Form: Typus I
„ „ „ II
„ „ „ III
„ „ „ IV

Weitere Deformationserscheinungen können in dieser Ebene nicht eintreten.

In der Ebene II—II′ wird die rechte Hälfte unserer Herzform in ihrer oberen Wölbung verstärkt, in der unteren abgeschwächt, während die linke Hälfte der Herzform in ihrer oberen Hälfte abgeschwächt, in der unteren verstärkt wird. Dadurch wird unsere ursprünglich symmetrische Herzform unsymmetrisch (Fig. 6). In bezug auf die beiden Schalenhälften in die Praxis umgesetzt heisst das:

Der Wirbel der rechten Schale wölbt sich über den der linken Schale hinüber (wie aus der Abbildung ersichtlich).

Auch diese Erscheinung tritt naturgemäss für alle vier Typen dieser Ebene ein, sodass wir vier neue Deformationstypen erhalten:

B. Form mit übergewölbtem Wirbel: Typus I
„ „ „ II
„ „ „ III
„ „ „ IV

Wir sehen also in dieser Ebene ebenfalls nur e i n e neue Deformationserscheinung. Weitere prinzipielle Veränderungen können in dieser Ebene nicht auftreten.

In der Ebene III—III′ wird die Dicke $-d$ unserer Herzform entsprechend dem Ausmass des Druckes verstärkt, während ihre Länge 1 proportional verkürzt wird. Es entstehen also in dieser Ebene stark bauchige Formen (die aber wie in Form I—I′ symmetrisch bleiben). Auch diese Erscheinung des Dickerwerdens unserer Herzform muss für alle vier Typen dieser Ebene eintreten. Wir erhalten so weitere vier neue Deformationstypen:

C. Verdickte Form: Typus I
„ „ „ II
„ „ „ III
„ „ „ IV

Eine weitere neue Deformationserscheinung kann in dieser Ebene nicht auftreten.

In der Ebene IV—IV′ muss dieselbe Erscheinung des Unsymmetrischwerdens beider Hälften unserer Herzform eintreten, wie in Ebene II—II′, nur mit dem Unterschied, dass hier die Rolle der rechten und linken Hälfte unserer Herzform in bezug auf dort vertauscht ist; d. h. die rechte Hälfte wird in ihrer oberen Wölbung abgeschwächt, in ihrer unteren verstärkt, während die linke in ihrer oberen verstärkt, in ihrer unteren abgeschwächt wird. Wir erhalten also in dieser Ebene an sich keine neue Deformationserscheinung in bezug auf die beiden Hälften der Herzform als Ganzes genommen,

da auch hier — in die Praxis übersetzt — ein Überwölben des einen Wirbels über den anderen eintritt.

Betrachten wir jedoch beide Hälften für sich gesondert, so können wir, in bezug auf die Ebenen I—II′ und IV—IV′, doch von zwei neuen Deformationserscheinungen reden, wenn wir nämlich nur die rechte Schalenhälfte zu Grunde legen, die linke aber ausser acht lassen:

So betrachtet tritt in der Ebene II—II′ eine Verschiebung der Wölbung nach dem Wirbel zu ein, in der Ebene IV—IV′ dagegen verschiebt sich die Wölbung nach der Mitte zu.

Wir sehen also, dass in diesen vier senkrecht zur Schichtfläche stehenden Ebenen nur drei neue Deformationserscheinungen auftreten:

1. eine Abplattung (unter Beibehaltung der symmetrischen Form),
2. eine Verdickung (unter Beibehaltung der symmetrischen Form),
3. ein Unsymmetrischwerden, d. h. ein Überwölben des einen Wirbels über den andern, resp. ein Verschieben der Wölbung nach oben oder nach unten.

In allen übrigen Ebenen, die wir uns parallel zwischen diese vier betrachteten Hauptebenen denken können, erhalten wir nur Übergangsformen zwischen diesen drei Deformationserscheinungen. Wir sehen also schon hieraus, dass trotz der unendlich vielen verschiedenen Lagen zur Druckrichtung und trotz der hieraus resultierenden unendlich vielen Deformationsformen dennoch mit Hilfe unserer schematischen Betrachtung nur eine beschränkte Anzahl — nämlich 12 — von Deformationstypen entstehen können. Und nur eine ganz geringe Anzahl — nämlich 3 — neue Deformationserscheinungen.

Betrachten wir nun noch kurz die anderen Hauptebenen, die in unserem dreiachsigen Ellipsoid möglich sind:

Da sie ausnahmelos aus einer Kreisebene zu einem Ellipsoid zusammengedrückt werden, müssen wir auch hier überall unsere vier Typen in bezug auf die Flächenform erhalten.

In bezug auf die räumliche Form aber, müssen wir in all diesen übrigen Ebenen eine von unseren drei neuen Deformationserscheinungen vorfinden, entweder: ein Flacherwerden oder: ein Bauchigerwerden oder: ein Überwölben des einen Wirbels über den anderen. An neuen Deformationserscheinungen aber müssen folgende eintreten:

In allen Ebenen, die zwischen der Schichtebene und der Ebene I—I′ liegen, werden zwar in bezug auf die Flächenform wieder unsere vier Typen entstehen, in bezug auf die räumliche Herzform aber werden beide Schalenhälften in ihrer Wölbung seitlich gegeneinander verschoben werden, sodass die Verbindungslinie der beiden Wirbel nicht mehr senkrecht zu den Schalenhälften steht, sondern mehr oder minder schräg dazu. (Desto schräger, je genauer diese Ebene den rechten Winkel zwischen der Schichtebene und der Ebene I—I′ halbiert.)

Hierdurch sehen wir eine neue Deformationserscheinung auftreten, nämlich ein seitliches Verschieben der Wirbel gegeneinander, und wir erhalten vier neue Deformationstypen:

C. Form mit seitlich verschobenen Wirbeln: Typus I, II, III, IV } bei mehr oder minder stark plattgedrückten Formen

In allen denjenigen Ebenen, die wir uns zwischen der Schichtebene und der Ebene III—III′ denken können, müssen folgende Erscheinungen auftreten:

In bezug auf unsere Flächenform: wieder die vier Typen,

In bezug auf die räumliche Herzform: eine Verdickung,

In bezug auf die Wölbung unserer Herzform: ein Symmetrischbleiben dieser Wölbung an den

beiden Wirbeln (wie in der vorangehend besprochenen Ebene), aber ein Verschieben dieser Wölbung für die eine Hälfte seitlich nach links, für die andere seitlich nach rechts, wodurch dieselbe Deformationserscheinung wie in der vorhergehend besprochenen Ebene auftreten muss, nämlich ein seitliches Verschieben der Wirbel gegeneinander, die sich aber diesmal nicht bei abgeplatteten, sondern bei aufgebauchten Formen zeigen wird.

Wir erhalten also an sich in dieser Ebene keine neue Deformationserscheinung, dagegen vier neue Deformationstypen:

D. Form mit seitlich verschobenen Wirbeln: Typus I } bei mehr oder
" " " " " " II } weniger stark
" " " " " " III } verdickten
" " " " " " IV } Formen

In den Ebenen, die wir uns zwischen der Schichtebene und der Ebene II—II′ denken können, müssen folgende Deformationserscheinungen entstehen:

In bezug auf die Flächenform: wieder unsere vier Typen (aber in geringem Ausmass),

In bezug auf die räumliche Herzform: ein Überwölben des einen Wirbels über den andern.

Und hierzu kommt nun noch eine mehr oder minder starke seitliche Verschiebung der Wirbel gegeneinander, sodass wir hier die Erscheinung des Überwölbens des einen Wirbels über den anderen zugleich mit der Erscheinung des seitlichen Verschiebens der Wirbel gegeneinander in Kombination auftreten sehen.

Es entstehen also in diesen Ebenen nach zwei Seiten hin unsymmetrische Formen und damit vier neue Deformationstypen:

E. Form mit übergewölbten und seitlich verschobenen Wirbeln: Typus I
" " " " " " " " II
" " " " " " " " III
" " " " " " " " IV

Hiermit aber ist die Anzahl der Hauptebenen, die wir in unser deformiertes Ellipsoid uns hineindenken können, erschöpft, alle anderen Ebenen können nur noch mehr oder minder stark ausgeprägte Übergänge dieser Deformationserscheinungen bringen.

Wir sehen also an Hand dieser schematischen Darstellung, dass auch bei Berücksichtigung der räumlichen Lagen einer Muschel, unsere Befürchtung, es könne durch das Eintreten einer bruchlosen Deformation uns die hieraus resultierende unendliche Anzahl verschiedener Deformationsformen praktisch unmöglich werden, sich in dieser ungeheuren Formenmannigfaltigkeit zurechtzufinden und zu einer sicheren Bestimmung der ursprünglichen undeformierten Art zu gelangen, zu weitgehend war. Erhalten wir doch an Hand unseres Schemas auch hier eine ganz beschränkte Anzahl möglicher Deformationstypen, die als solche ohne weiteres zu erkennen sind (vorausgesetzt, dass von jeder Art wenigstens einige Exemplare vorliegen). Es lässt sich auch an Hand dieses Schemas die Lage jeder Deformationsform, wie sie ursprünglich im Gestein zur Druckrichtung gelegen haben muss, ohne weiteres rekonstruieren.

Vor allem aber gewinnen wir aus diesem Schema ein absolutes Kriterium dafür, ob bei einer versteinerten Muschel-Fauna die Erscheinung einer Deformation vorliegt oder nicht: Denn wenn wir auch bei einer bruchlosen Deformation die daraus entstandenen verlängerten oder verkürzten, abgeflachten oder verdickten Formen nicht ohne weiteres als Deformationsformen erkennen können, so führen doch die beiden Deformationserscheinungen, die wir in den Ebenen II—II′ und IV—IV′, sowie in den zwischen diesen Ebenen und der Schichtebene liegenden vorfinden, nämlich die Deformations-

erscheinungen des Überwölbens des einen Wirbels über den anderen, resp. des seitlichen Verschiebens des einen Wirbels gegen den anderen zu so absonderlichen Formveränderungen, wie sie in der Natur nicht vorkommen können.

Finden wir also in einer Fauna versteinerter Muscheln zweischalige Exemplare, bei denen auch nur eine geringe seitliche Verschiebung oder Überwölbung der Wirbel zu beobachten ist, so können wir mit Sicherheit darauf schliessen, dass diese ganze Fauna sich in deformiertem Zustande befindet.

An den Exemplaren aber, bei denen die Erscheinung der seitlich verschobenen Wirbel am ausgeprägtesten ist, können wir direkt das Ausmass der Deformation feststellen. Verbinden wir zu diesem Zwecke von zwei seitlich gegeneinander verschobenen Wirbeln die Kulminationspunkte ihrer Wölbung, so steht diese Verbindungslinie nicht mehr, wie ursprünglich, senkrecht auf der durch die Schalenränder gegebenen Ebene, sondern bildet zu dieser einen mehr oder weniger spitzen Winkel. Und aus der Grösse dieses Winkels können wir ohne weiteres das Ausmass der Zusammendrückung berechnen. (Dabei ist natürlich vorausgesetzt, dass dieses Exemplar mit maximal seitlich verschobenen Wirbeln wirklich eines der Exemplare ist, von allen denen, die in dieser Gesteinsschicht liegen, bei dem diese Deformationserscheinung maximal ausgeprägt ist.)

Ein noch viel einfacheres Mittel, dieses Ausmass der Deformation zu bestimmen, bietet sich uns aber dann, wenn es uns gelingt, auf einer Gesteinsplatte zwei Schalenhälften derselben Art aufzufinden, deren Schalenränder parallel zur Schichtfläche liegen, deren Lage aber im Verhältnis zur Druckrichtung extrem verschieden ist, deren Höhen h also senkrecht zueinander liegen (und zwar in einem Fall möglichst parallel, im anderen möglichst senkrecht zur Druckrichtung). D. h. also, wenn wir auf einer Gesteinsplatte unseren Deformationstypus I und III zu gleicher Zeit nebeneinander vorfinden. In diesem Falle können aus dem Verhältnis der maximal verkürzten Höhe h und der maximal verlängerten Länge a des Typus I, zu der maximal verlängerten Höhe h und der maximal verkürzten Länge a des Typus III, ohne weiteres das Ausmass der Verdrückung unserer Muschel- und damit auch wenigstens annähernd dasjenige der Gesteinsschicht (diese beiden Grössen brauchen nicht genau gleich zu sein) errechnen.

Haben wir unter unseren Fossilien ein derartiges Gesteinsstück mit zwei rechtwinklig zueinander liegenden Schalenhälften, so können wir an Hand derselben stets auf den ersten Blick das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Deformation feststellen. Wir haben also auch hierin ebenso wie in den beiden Deformationserscheinungen des Überwölbens und seitlichen Verschiebens der Wirbel zueinander, ein absolutes Kriterium, an Hand dessen wir eine etwaige auch noch so geringfügige Deformation trotz vollständiger Bruchlosigkeit derselben auf den ersten Blick erkennen können.

Solcher Gesteinplatten nun haben wir in der von uns behandelten Pelecypoden-Fauna eine ganze Reihe (siehe Tafel III): und zwar nicht nur mit zwei, sondern mit vielen rechtwinklig zueinander liegenden Schalenhälften der gleichen Art (insbesondere Cardien). Und zwar in einem so vollkommenen Erhaltungszustand und in so vollkommen bruchloser Doformation, dass wir dieses ganze Problem der bruchlosen Deformation hier gleichsam in Reinkultur vor uns sehen können. Und diese Platten, die übersät sind mit wohlerhaltenen, rechtwinklig zueinander liegenden Deformationsformen von Cardien waren es auch, bei deren Anblick und genauem Studium ihrer einzelnen Formen uns das Problem der bruchlosen Deformation mit einem Schlage klar wurde, und uns zur Ausarbeitung dieses für die Bestimmung von Fossilien so überaus wichtigen Problems der bruchlosen Deformation anregte.

Wir müssen übrigens hier bemerken, dass auch MEYER-EYMAR an diesen Gesteinplatten wohl erkannt hat, dass alle diese darauf verstreut liegenden Cardien, trotz ihrer vielen verschiedenen Formen ein und derselben Art angehörten, was daraus hervorgeht, dass er dieselben als eine und dieselbe Art bestimmte. Die Tatsache der Deformation war ihm also an Hand dieses so absolut eindeutigen Deformationsmaterials gleichsam eine Selbstverständlichkeit. Sein Fehler bestand also nur darin, dass sie ihm gleichsam zu selbstverständlich war, d. h. dass ihm diese Tatsache so absolut bruchlos deformierter Fossilien und ihrer dadurch entstehenden, so ganz verschiedenen Formen gar nicht als Problem aufging und er sich nicht klar machte, welche Konsequenzen sich daraus für die Bestimmung anderer Arten ergeben konnten, bei denen zufällig nicht so zahlreiche Exemplare auf einzelnen Gesteinplatten vereinigt vorlagen, aus denen man sie als Deformationsformen derselben Art ohne weiteres erkennen musste. So verfiel er also trotz der deutlichen Warnung dieser Gesteinplatten voll deformierter Cardien dennoch in den schwerwiegenden Fehler, diese Erscheinung der bruchlosen Deformation nicht auch für alle anderen Fossilien dieser Schichten vorauszusetzen und sie auch in allen anderen Exemplaren der hier vorhandenen Arten aufzusuchen. Er gab sich vielmehr damit zufrieden, diejenigen Deformationsformen, die als solche ohne weiteres in die Augen sprangen, als solche zu erkennen, ohne aber die Konsequenzen dieser Tatsache der Deformation logisch durchzudenken. Auf diese Weise kam er insbesondere da zu absoluten Fehlbestimmungen und zur Aufstellung ungezählter neuer Arten, die in Wirklichkeit nur Deformationsformen waren, wo er von diesen Arten nur einzelne wenige Exemplare, zumeist vom Gestein losgelöst, vor sich liegen hatte.

III. Der experimentelle Beweis der Deformation und die aus dem Experiment sich ergebenden Methoden zur Bestimmung deformierter Fossilien

Wir haben im vorliegenden Kapitel gesehen, welche Deformationserscheinungen sich bei Pelecypoden ergeben müssen, bei einer theoretischen Betrachtung des ganzen Deformations-Problems. Aus den zahlreichen beigegebenen Tafeln aber lässt sich ohne weiteres feststellen, dass diese aus der Theorie geforderten Deformationserscheinungen auch in der Praxis tatsächlich an unserem gesamten Material der St. Galler Meeresmolasse beobachtet werden können.

Wir haben aber diese Deformationserscheinungen in unserem theoretischen Schema nur für eine schematisierte Form einer Muschel durchführen können. Nun konnten wir zwar auf diese Weise sämtliche notwendigerweise auftretenden Deformationserscheinungen aus der Theorie heraus erschliessen. Eine eigentliche Vorstellung aber von den ungezählten Formen, die für jede einzelne Art beim Auftreten einer Deformation entstehen müssen, können wir uns auch auf Grund der festgelegten Deformationserscheinungen noch nicht machen. Denn das Erfassen von Form ist letzten Endes eine Anschauungssache. Und so, wie sich eine Form schliesslich nur sehen, aber nicht genau mit begrifflichen Worten beschreiben lässt, so können wir uns die verschiedenen Formen, die aus einer Art bei ihren verschiedenen Lagen zur Richtung der Deformation entstehen müssen, anschaulich nicht genügend vorstellen, wenn wir sie nicht gleichsam vor uns sehen.

Wir stehen also vor der Notwendigkeit, wenigstens für die wichtigsten Arten aller in unserem Material vorkommenden Pelecypoden unsere verschiedenen Deformationstypen nicht nur am theoretischen Schema, sondern auch praktisch in ihren wirklichen Formen herzustellen. Erst an Hand eines solchen Experimentes wird es möglich sein, unsere in der Praxis vorliegenden ungezählten Deformationsformen auch wirklich einwandfrei auf ihre Ursprungsformen zurückzuführen und die Methode zu einer exakten Bestimmung zu gewinnen.

Zu diesem Zweck nun haben wir folgenden Weg eingeschlagen: Wir konstruierten zwei Apparate, mit Hilfe deren es möglich ist, einen aus plastischem Material hergestellten Abguss irgendeiner beliebigen Muschelart in derselben Art und Weise zu verziehen. resp. zu verdrücken, wie es bei unserem Fossilienmaterial in der Natur eingetreten sein muss.

Der eine dieser Apparate besteht nur aus einer einfachen Vorrichtung, mit Hilfe deren es möglich ist, eine dicke Gummiplatte weitgehend auseinander zu ziehen. Es lassen sich auf diese Weise alle Deformationsformen, die in der einen Ebene, nämlich der Schichtebene entstehen müssen, ohne weiteres nachahmen. Dagegen wird es mit diesem Apparat natürlich nicht möglich sein, auch die räumlichen Deformationserscheinungen für eine Muschel zu erfassen und nachzubilden, d. h. diejenigen Deformationsformen herzustellen, die bei all den anderen verschiedenen Ebenen zur Druckrichtung entstehen müssen, die senkrecht oder im Winkel zur Schichtebene stehen. Für alle diese Fälle mussten wir einen bedeutend komplizierteren Apparat konstruieren, mit Hilfe dessen es möglich ist, einen

plastischen Abguss einer vollständigen, zweischaligen Muschel (oder deren Steinkern) in all ihren verschiedenen Lagen zur Druckrichtung in einen ebenfalls plastischen Würfel einzubetten und diesen Würfel dann, mitsamt den darin liegenden plastischen Abgüssen, von der einen Seite her zusammenzudrücken. Dabei war es – analog dem beschriebenen Vorgang, oder tektonischen Deformationen — nötig zu erreichen, dass dieser Würfel die Möglichkeit hatte, sich entsprechend dem Masse des erfolgten Zusammendrückens, nach zwei Seiten hin auszudehnen. In diesem zweiten Apparat war es natürlich ebenfalls möglich, die in der Schichtebene sich ergebenden Deformationsformen herzustellen wie bei dem einfacheren Apparat mit Gummiplatte, und zwar erwies sich dies als vorteilhaft für diejenigen Formen, die ausgesprochen räumliche, d. h. kugelige Formen haben.

A. Der Apparat mit Gummiplatte

Dieser Apparat bestand aus einer Gummiplatte, die an ihren beiden Enden zwischen zwei Holzleisten eingeklemmt war. Um nun bei dem starken Zug, dem die Gummiplatte ausgesetzt werden musste, ein Herausreissen zwischen den beiden Holzleisten zu verhindern, hatten wir diese beiden Leisten so konstruiert, dass die Gummiplatte zwischen ihnen im Winkel eingeklemmt war, da die obere Leiste eine Nute hatte, die in einen korrespondierenden Falz der unteren Leiste eingriff. (Eine Reihe anderer Konstruktionen, wie z. B. das Einklemmen der Gummiplatte zwischen kleinen Nägelchen, haben sich bei den ersten Experimenten als unbrauchbar erwiesen, da auf diese Weise die sehr stark angezogene Gummiplatte nicht genügend festgehalten werden konnte und an den Enden sehr bald anfing auszureissen oder aber sich mehr oder minder ungleichmässig zu verziehen. Ein genaueres Eingehen auf diese vorangegangenen verschiedenen Fehlkonstruktionen dürfen wir wohl unterlassen, nachdem wir die eben beschriebene Befestigungsart gefunden haben, die bei den zahllosen Experimenten nicht ein einziges Mal versagte und somit eine vollkommene Lösung darstellen dürfte.)

Während nun die zwei Leisten an dem einen Ende des Apparates fest und unverrückbar angebracht waren, konnten die beiden anderen in paralleler Lage dazu beliebig weit verschoben werden, d. h. soweit, als es die Spannkraft der Gummiplatte erlaubte. Und zwar erfolgte dieses Auseinanderziehen der Gummiplatte einfach mit der Hand. Auf eine Spindel, mit deren Hilfe diese Gummiplatte auch ohne jede Kraftanstrengung hätte auseinandergezogen werden können, wurde hier verzichtet; denn es erwies sich als unnötig, für dieses Experiment so dicke Gummiplatten zu wählen, die nicht mehr allein durch die Handkraft auseinandergezogen werden konnten. Dagegen wurde den beiden beweglichen Leisten für das Wegziehen gute Führung gegeben, durch die eine parallele Lage der beiden Enden der Gummiplatte während des Auseinanderziehens zwangsläufig beibehalten wurde. Eine starke Feststellschraube ermöglichte es dann, die ausgezogene Gummiplatte auf jeden beliebigen Punkt ihres ausgezogenen Zustandes zu fixieren, um dann die einmal erzeugte Deformationsform aus dem vergänglichen plastischen Material in unvergängliche Gipsabgüsse überführen und festhalten zu können.

Als das geeignetste plastische Material zur Herstellung der Fossilabgüsse fanden wir nach vielen Versuchen den gewöhnlichen Glaserkitt, der sich bei einer genügenden Durchknetung mit Öl in einen solchen Grad von Weichheit und Elastizität versetzen lässt, und sich ausserdem wegen seines Ölgehaltes auf der Gummiplatte so gut haftet, dass nur mit dieser Masse die Versuche schliesslich einwandfrei gelangen. Eine aus diesem Material hergestellte Kittplatte wurde also auf unsere Gummiplatte aufgedrückt. Bei einem Auseinanderziehen der Gummiplatte wurde nun die Kittplatte, infolge ihrer guten Adhäsion am Gummi und ihrer ebenso grossen Plastizität, in demselben Ausmass, wie die Gummiplatte auseinandergezogen, ohne irgendwo abzureissen und auch ohne sich von der Gummiplatte zu lösen. (Immer vorausgesetzt, dass der jeweilen eingeknetete Ölgehalt genügend war.)

Streng genommen hätten wir nun unser Experiment der Deformierung unserer Schichtebene, analog dem wirklichen Vorgang bei der tektonischen Deformation, so erreichen müssen, dass wir diese Schicht von einer Seite zusammendrückten, während die nach den beiden anderen Seiten hin ausweichen konnte; d.h. wir hätten unsere Gummiplatte zunächst auseinanderziehen, und dann unsere Kittplatte darauf drücken und dann, durch ein Nachlassen der Spannung, diese letztere in der Richtung der ursprünglichen Zugsrichtung zusammendrücken müssen. Und da sich die Gummiplatte, und damit die Kittplatte, auf diese Weise nicht nur in der Druckrichtung verkürzt, sondern senkrecht zu dieser verbreitert hätte, so hätten wir den Vorgang, wie er in der Natur stattgefunden hat, ohne weiteres nachgeahmt. In der Praxis aber erwies es sich sehr bald als vorteilhafter, diesen Prozess des Zusammendrückens unserer Kittplatte in einen Prozess der Streckung desselben umzuwandeln; d. h. also unsere Kittplatte in der einen Richtung zu strecken, wodurch sie in der anderen Richtung gleichzeitig verschmälert, d. h. gleichsam zusammengedrückt würde, was ja theoretisch genau auf das gleiche hinauskam. Denn theoretisch ist es natürlich ganz einerlei, ob wir beispielsweise ein Quadrat zu einem Rechteck zusammendrücken, oder uns dasselbe Rechteck durch ein Auseinanderziehen entstanden denken. Für unser Experiment erwies es sich aber praktischer, uns dieses Deformationsrechteck durch Zug herzuzustellen. Es zeigt sich nämlich bei einem Zusammendrücken unserer ja frei auf der Gummiplatte aufliegenden Kittplatte der Übelstand, dass sie sich leicht nach oben wölbte und hierbei von ihrer Unterlage, der Gummiplatte, loslöste. Hierdurch aber erhielten unsere in der Kittmasse eingebetteten Abgüsse eine unliebsame, d. h. in der Natur nicht vorkommende Wölbung nach oben. Bei einem Auseinanderziehen unserer Gummi- und damit unserer Kittplatte aber trat diese störende Erscheinung nicht ein; die Kittplatte löste sich keineswegs von der Gummiplatte los, wölbt sich also nicht auf, wurde vielmehr bei dem Auseinanderziehen senkrecht zur Zugrichtung entsprechend schmäler, d. h. im Endeffekt in dieser Richtung zusammengedrückt. In der Praxis erzeugten wir also in den stattgefundenen Experimenten unsere verschiedenen Deformationsformen durch ein Auseinanderziehen, was theoretisch genau dieselben Deformationsformen ergeben musste, wie der in der Natur stattgefundene Prozess des Zuzammendrückens.

Haben wir nun unsere Kittmasse durch genügenden Ölzusatz und vor allem durch genügend langes Kneten in den warmen Händen in den richtigen Grad von Weichheit und Elastizität versetzt, so drücken wir sie mit Hilfe eines Brettes zu einer ca. 2 cm dicken Kittplatte auseinander, beschneiden dieselbe so, dass sie ungefähr dieselbe Grösse bekommt, wie unsere Gummiplatte im gespannten (aber nicht direkt auseinandergezogenen) Zustande, legen diese Kittplatte auf unsere Gummiplatte, drücken sie mit Hilfe eines Brettes auf derselben fest und lassen sie in diesem Zustande eine kurze Zeit ruhen, wodurch sich der Kitt ein wenig mit der rauhen Oberfläche der Gummiplatte verbindet.[1]

In diese Kittplatte nun drücken wir den negativen Gipsabguss einer undeformierten Muschel ein, und zwar in den 4 möglichen Hauptrichtungen, die wir in unserem theoretischen Schema gefunden haben.

Die negative Gipsform selbst müssen wir natürlich nach einer solchen Muschel anfertigen, von der wir bestimmt sagen können, dass sie sich in gänzlich undeformierten Zuständen befindet. Für unseren speziellen Fall wählten wir hierzu die verschiedenen Muschelarten des Beckens von Bordeaux und zwar aus folgenden Gründen:

Sämtliche in diesem Becken von Bordeaux gefundenen Versteinerungen von Pelecypoden befinden

[1] Beim Einkaufen von Gummiplatten muss man darauf achten, eine solche mit möglichst rauher Oberfläche zu bekommen. Die ganz glatten Gummiplatten eignen sich für diese Zwecke natürlich nicht. Notfalls kann die Gummiplatte mit Hilfe eines scharfen Reibeisens ein wenig aufgerauht werden, um eine möglichst gute Verbindung des Kittes mit der Gummifläche zu erreichen.

sich in einem ungewöhnlich gut erhaltenen Zustande. Es liegen hier nicht nur Steinkerne vor, sondern es sind in den Sandablagerungen die Schalen selbst noch so gut erhalten, dass sie trotz ihres versteinerten Zustandes den Überresten heutiger Muscheln in ihrem Erhaltungszustand gleichen. Damit ist zwar an sich die Möglichkeit noch keineswegs ausgeschlossen, dass auch hier in Wirklichkeit deformierte Formen vorliegen. Indessen macht das Fehlen tektonischer Vorgänge daselbst und das sandige Sediment diese Voraussetzung unwahrscheinlich, sogar betreffs pelomorpher Deformation. Das Material aus der St. Galler Meeresmolasse zeigt übrigens, dass die Erscheinung der bruchlosen Deformationen sich durchaus nicht nur auf Steinkerne erstreckt, sondern (wenn auch in viel selteneren Fällen) auch eine wohlerhaltene Muschelschale so zusammengedrückt werden kann, dass sie dabei nicht bricht, sondern sich gleichsam wie eine plastische Masse verhält. Das Vorliegen einer versteinerten Muschel mit wohlerhaltener Schale ist also an sich noch keineswegs ein Kriterium dafür, dass hier eine undeformierte Form vorliegt. Doch können wir an Hand des grossen uns vorliegenden Materials derartiger Muscheln aus dem Becken von Bordeaux ohne weiteres feststellen, dass kein Anzeichen der nach unserem theoretischen Schema geforderten Deformationserscheinungen hier auch nur in geringstem Masse zu beobachten ist, so dass wir mit Bestimmtheit sagen können, dass diese sämtlichen Muscheln aus dem Becken von Bordeaux sich in völlig undeformiertem Zustande befinden. (Es handelt sich hierbei übrigens um gar nicht dislozierte Sedimente.)

Weiterhin aber konnten wir im Verlaufe unserer Arbeit bereits feststellen (und zwar an Hand der äusseren Verzierungen der St. Galler Muscheln, resp. derjenigen von Bordeaux), dass es sich hier um Arten des gleichen stratigraphischen Horizontes handelt (nämlich des Burdigalien). Diese im vornherein, d. h. vor der endgültigen Arbeit des Bestimmens unserer deformierten Fauna, mögliche Gleichsetzung der Pelecypoden-Arten von St. Gallen und Bordeaux bedeutete natürlich eine grosse Erleichterung unserer experimentellen Bestimmungsmethode der St. Galler Deformationsformen, da wir uns die undeformierten Formen unserer jeweiligen St. Galler Arten nicht erst experimental zurückzukonstruieren brauchten, sondern sie uns aus dem Material des Beckens von Bordeaux entnehmen konnten. Und nach diesen ursprünglich undeformierten Arten konnten wir uns dann auf dem Wege des Experimentes unsere verschiedenen Deformationsformen ohne weiteres erzeugen.

Wir suchten uns also aus dem grossen Material des Beckens von Bordeaux zunächst diejenigen Arten aus, die wir schon an Hand der äusseren Verzierungen, auch in unseren St. Galler Deformationsformen, ohne weiteres wieder erkennen konnten, fertigten uns von wohlerhaltenen Exemplaren dieser Bordeauxer Muscheln Gipsabgüsse an, drückten diese negativen Formen in den vier Hauptlagen zur Druckrichtung in unsere Kittplatte ein, zogen dieselbe auseinander und erhielten so für jede Art unsere theoretisch geforderten 4 Deformationstypen.

Der Vergleich dieser, aus der undeformierten Form von Bordeaux entstandenen Deformationstypen, mit Material von St. Gallen ergab uns mit einem Schlage und zwar mit überraschendster Genauigkeit, alle diese merkwürdigen, extrem-langen oder extrem-kurzen, oder sonderbar exzentrischen oder konzentrischen Muschelformen, wie wir sie in unserem St. Galler Material vorfinden.

Die Übereinstimmung der auf diese Weise erzeugten Deformationsformen mit unseren St. Galler Fossilien war eine so genaue, dass sie einfach verblüffend wirkte, trotzdem wir dieses Resultat ja schon vorher theoretisch gefordert und erwartet hatten.

Da eine Form, wie schon erwähnt, eigentlich nur anschaulich, d. h. durch Sehen zu erfassen ist und sich mit Worten kaum beschreiben lässt, konnte die Wichtigkeit dieser experimentellen Herstellung der verschiedenen Deformationsformen in ihrem ganzen Umfange erst jetzt verstanden werden, als alle diese aus einer einzigen Art entstehenden verschiedenen Deformationsformen plötzlich praktisch vor

unseren Augen entstanden. Wir können uns hiervon ohne weiteres und ebenfalls am besten durch das Anschauen der betreffenden Abbildungstafeln überzeugen, bei denen wir die durch das Experiment erzeugten Deformationsformen und unsere in der St. Galler Meeresmolasse durch die Natur erzeugten Deformationsformen nebeneinandergestellt haben.

Auf Tafel VI sehen wir zunächst unsere 4 Hauptdeformationstypen, wie sie aus der Urform einer undeformierten Tapes-Art entstanden sind. Wir sehen die unglaublich verschiedenen Formen unseres langen Typus I und des ganz hohen Typus III. Wir sehen unseren Typus II, bei dem der Wirbel ganz auf die Seite gerückt ist und unseren Typus IV bei, dem er genau in die Mitte gerückt wurde. Wir können uns schon an diesen 4 Typen nur durch die Anschauung ganz klar werden, wie leicht, ja wie unbedingt, solche Deformationsformen bei der Bestimmung zu ganz verschiedenen Arten gestempelt werden müssen von jedem, der das Problem der bruchlosen Deformation nicht in seiner ganzen Auswirkung erkannt hat!

Und dass nun diese Deformationsformen nicht nur etwa Zufallserzeugnisse unserer Experimente sind, sondern in so extremem Ausmasse auch tatsächlich in der Natur vorkommen, und zwar ohne die geringsten Anzeichen an der einzelnen Versteinerung, das können wir ohne weiteres aus den Abbildungen dieser Tafel V ersehen, in denen wir unsere tatsächlich existierenden Deformationsformen der St. Galler Muscheln neben unsere künstlich erzeugten Deformationsformen gelegt haben. Die Übereinstimmung dieser künstlich erzeugten Formen mit unseren natürlichen St. Galler Formen lässt sich tatsächlich auf den ersten Blick als eine vollkommene erkennen.

Auf Tafel VI haben wir nun nicht nur unsere 4 Typen hergestellt, sondern auch eine ganze Reihe von Zwischenformen, die sich bei der verschiedenen Lage zwischen 2 Typen ergeben müssen. Und wir sehen an dieser lückenlosen Reihe von Deformationsformen noch deutlicher, welch unendlicher Formenreichtum hier aus einer einzigen Art entsteht. Und alle diese verschiedenen Deformationsformen finden wir auch tatsächlich unter dem grossen Material unserer St. Galler Versteinerungen.

Wir können uns an dieser Deformationsreihe auch ohne weiteres darüber klar werden, eine welch glänzend brauchbare Methode wir für die Bestimmung deformierter Muscheln durch unser Experiment gefunden haben. Denn wenn wir uns auch aus unserem theorethischen Schema sämtliche wichtigen Deformationserscheinungen bereits theoretisch konstruieren konnten, so kann doch erst die Herstellung solcher Deformationsreihen auf experimentellem Wege uns die richtige Anschauung geben, von diesen unendlich vielen einzelnen Deformationsgestalten, die durch tektonischen Druck aus einer einzigen Art entstehen müssen.

Die experimentelle Herstellung aber dieser Deformationsgestalten ist beim Vorhandensein einer undeformierten Urform aus einem anderen Vorkommnis derselben Art so einfach zu bewerkstelligen und nimmt relativ so wenig Zeit in Anspruch, soweit wir dieses Experiment mit Hilfe unserer Kittplatte durchführen können, dass wir uns zum Zwecke einer Bestimmung einer deformierten Muschel Fauna ohne weiteres für fast alle uns vorliegenden Arten solche Deformationsreihen oder zum mindesten die vier Deformationstypen herstellen können. Und an Hand dieser Deformationsreihen werden sich uns dann alle möglichen Deformationsformen ohne weiteres in ihrer Gestalt so einprägen, dass wir alle in der Praxis uns vorliegenden deformierten Gestalten einer Art ohne weiteres als solche erkennen können.

Haben wir diese experimentelle Herstellung von Deformationsreihen aber erst einmal für eine grössere Anzahl von Arten gemacht, so wird sich ganz von selbst unser angeborener Formensinn auf diese Erscheinung so einstellen, dass wir auch für alle anderen Arten aus den vorliegenden Deformationsformen die ursprüngliche undeformierte Gestalt auch dann ohne weiteres für unsere Anschauung

rekonstruieren können, wenn wir dieselbe auch nicht aus andern Vorkommnissen an Hand der äusseren Verzierungen wiederzufinden und zu erkennen vermögen.

Im allgemeinen wird es zur Bestimmung einer deformierten Muschel-Fauna genügen, wenn wir uns von der Mehrzahl der Arten nur die 4 Deformationstypen experimentell herstellen. Die dazwischenliegenden Übergangsformen können wir uns dann meist leicht vorstellen. Ja, es wird sich im Verlaufe einer solchen Arbeit das Auge so schulen, dass wir für viele Arten eine experimentelle Herstellung von Deformationsformen schliesslich überhaupt nicht mehr benötigen, vielmehr in vielen Fällen schon auf den ersten Blick zu sehen vermögen, auf welche Art und Weise die jeweilig vorliegende Deformationsform entstanden ist, d. h. wie ungefähr die Ursprungsform in ihrem undeformierten Zustande ausgesehen hat und welche Lage zur Druckrichtung die nun vorliegende Deformationsform gehabt haben muss. Die Hauptsache ist, dass wir für einige der hauptsächlichsten Formen einer fossilen Fauna die möglichen Veränderungen ihrer Form infolge ihrer verschiedenen Lage zur Druckrichtung einmal praktisch entstehen sehen. Ist unser Auge dann erst einmal für diese Vorgänge geschult, so werden wir uns trotz des übergrossen Formenreichtums, wie sie durch die Tatsache der Deformation entstehen müssen, dennoch zum Zwecke der Bestimmung ohne weiteres zurecht finden.

In solchem Falle nun, wo uns die ursprüngliche undeformierte Form einer Art nicht zur Verfügung steht von einem andern Fossilfundort her, können wir auch den umgekehrten Weg gehen, d. h. aus unseren extremen Deformationsformen, am besten aus Typ I und Typ III mit Hilfe der Kittplatte die ursprüngliche Form wieder ungefähr erzeugen. Zu diesem Zwecke suchen wir aus unserem Material die sichtlich am meisten verlängerte und ebenso die am meisten verkürzte Form einer gleichen Art, bezw. Variation heraus, machen uns von denselben je einen negativen Gipsabguss und drücken diese beiden Negative so in unsere Kittplatte ein, dass die kurze Form in ihrer Länge ausgezogen wird, während die lange Form in ihrer Länge zusammengedrückt wird. Wir legen also gleichsam unseren Typus I rechtwinkelig zu seiner ursprünglichen Lage, in der er entstanden sein muss, sodass seine verlängerte Länge a nun wieder verkürzt wird und legen umgekehrt unseren Typus III gleichfalls in die umgekehrte Lage, sodass seine verkürzte Längsrichtung durch das Ausziehen der Kittplatte wieder verlängert wird. In dieser Lage ziehen wir nun die Kittplatte auseinander und zwar solange, bis diese beiden extremen Deformationsformen ungefähr einander gleich geworden sind. Auf diese Weise müssen wir die ursprünglich undeformierte Gestalt ungefähr erhalten, vorausgesetzt, dass die beiden ausgesuchten Deformationsformen wirklich einigermassen dem extremen Typ I und III entsprachen. Und zwar wird die auf solche Weise rekonstruierte Ursprungsform um so mehr ihrem ursprünglichen Vorbilde entsprechen, je ähnlicher die beiden auf diese Weise zurückdeformierten Formen einander sind. Ist die Abweichung zwischen beiden noch zu beträchtlich, so müssen wir zwischen ihnen auf zeichnerischem Wege noch einmal gleichsam das geometrische Mittel konstruieren und werden dann die Ursprungsformen wenigstens so ähnlich wie möglich rekonstruiert haben.

Dies alles geschieht bei unserem Experiment auf der Kittplatte natürlich in bezug auf die äusseren Umrisse einer Muschel, d. h. auf die Form des Schalenrandes. (Die Methode ist deshalb auch nur auf flache Muscheln wie Venus, Tapes etc. ohne weiteres anwendbar.) Nicht berücksichtigt sind jedoch dabei die Formveränderungen der Muschel, wenn wir sie als räumliches Gebilde betrachten, d. h. also in bezug auf ihre ganze Wölbung. Um nun auch deren Änderungen zu erfassen, haben wir in dem zweiten Apparat eine Druckmaschine konstruiert, mit deren Hilfe es möglich ist, den Vorgang des Zusammendrückens einer Gesteinschicht mit seitlichem Ausweichen derselben und der sich daraus ergebenden Deformierung des in ihr liegenden Inhalts an Fossilien genau nachzuahmen.

B. Der Apparat zur Deformation durch Druck

(Fig. 7 und 8)

Da in diesem Apparat ein sehr starker Druck zur Geltung kommt, mussten wir denselben sehr massiv bauen. Er besteht aus den zwei dicken Seitenwänden aus Pitchpine-Holz a und a', die durch die schweren Eisenklammern $c—c'$ und $d—d'$, wie vor allem durch den eisernen Rahmen e zusammengehalten werden. Die beiden anderen Seitenwände dieser „Druckkiste" bestehen aus den schweren eichenen Würfeln b und b', die zwischen den Seitenwänden $a—a'$ beweglich sind, d. h. also auf einen Druck von oben hin auf die zwischen ihnen liegende Masse nach beiden Seiten ausweichen können. Doch wirkt diesem Ausweichen entgegen ein sehr starker Gegendruck von je drei starken Spiralfedern, die vermittels herausnehmbarer Eisenstifte in den Eisenklammern c und c' angebracht sind. Zwischen diesen beiden beweglichen Würfeln liegt gleichsam als Deckel der Druckkiste der Druckstempel f, der in den beiden Seitenteilen g und g' gleichsam eine Verlängerung nach beiden Seiten hat. Doch sind diese Verlängerungen nicht beweglich, sondern dienen gleichsam nur dazu, bei dem folgenden Zusammenquetschen der eingeschlossenen Masse ein Herausquellen derselben zwischen dem Druckstempel und den laufenden Würfeln zu vermeiden. Die Spindel s findet dann in dem schweren Eisenrahmen e den genügenden Angriffspunkt, um beim Zusammenschrauben einen sehr starken Druck auf die in der Druckkiste eingebettete Masse auszuüben.

Da wir im folgenden mit einer feuchten, wasserhaltigen Masse arbeiten müssen, mussten die Holzbestandteile, aus dem diese Druckkiste hergestellt ist, imprägniert und gut durchgeölt werden. Ausserdem musste die ganze Konstruktion so angefertigt werden, dass nach dem vollendeten Experiment die einzelnen Teile ohne weiteres auseinander gelegt werden können, sodass am Schluss nur der Deformationswürfel allein auf dem unteren Brett steht und hier aufs leichteste von allen Seiten auseinander geschnitten werden kann.

Dieses Auseinandernehmen nach vollbrachtem Experiment kann ohne weiteres in folgender Reihenfolge bewerkstelligt werden:

1. Die schweren Eisenklammern $d—d'$ lassen sich mit einem Hammer von unten her von den Seitenwänden ohne weiteres wegschlagen. Ein Hammer ist dazu notwendig, weil ja der ganze Apparat, nach dem Zusammenquetschen der darin lagernden Masse, unter einem ausserordentlichen Druck steht, der nicht nur die laufenden Würfel $b—b'$ auseinander treibt, sondern auch eine starke Spannung auf die unbeweglichen Seitenwände $a—a'$ ausübt, deren Auseinanderdrücken nur durch die verschiedenen Eisenklammern verhindert wird. Die beiden Eisenklammern $d—d'$ verhindern übrigens gleichzeitig, dass die verlängerten Seitenteile $g—g'$ des Druckdeckels unserer Druckkiste nach oben herausgepresst werden. Zu diesem Zwecke sind auch diese beiden Eisenklammern durch Eisenstifte mit den Seitenteilen $a—a'$ verbunden. Diese ca. $^3/_4$ cm dicken Eisenstifte müssen weit genug aus den Klammern hervorschauen, um mit einer schweren Zange erfasst und nach Vollendung des Experimentes herausgezogen werden zu können. Nach der Entfernung der beiden Eisenklammern $d—d'$ lassen sich auch die beiden Holzleisten $g—g'$ leicht herausnehmen.
2. Auf die gleiche Weise sind die beiden grösseren Eisenklammern $c—c'$ durch schwere Eisenstifte mit den Seitenwänden $a—a'$ verbunden. Auf diesen Eisenstiften aber liegt nach Vollendung des Experimentes ein solcher Druck, dass wir sie nicht mehr ohne weiteres mit der Zange herausziehen können. Um nun diesen Druck aufzuheben, brauchen wir bloss die drei dicken Eisenstifte, durch welche die drei Federn zwischen der Klammer c und dem Würfel b gehalten

Apparat zur Demonstration der tektonischen bruchlosen Fossildeformation

Nach A. Fanck

Längsschnitt **Maßstab: 1:5** **Querschnitt**

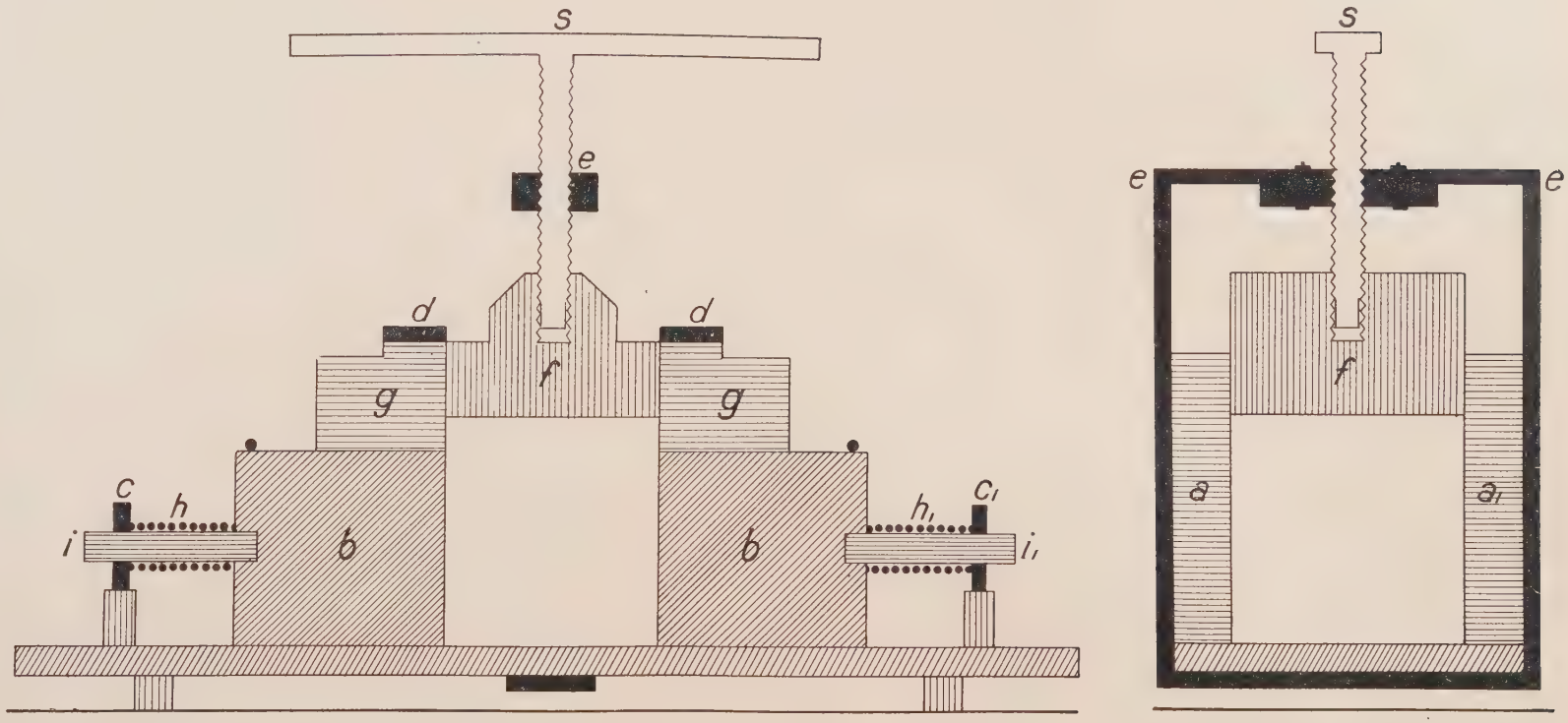


Fig. 7

werden, aus ihren Löchern herauszuziehen und die dadurch frei liegenden Federn mit dem Hammer herauszuschlagen, um den grossen Druck, den diese zusammengedrückten Stahlfedern auf die laufenden Würfel ausüben, aufzuheben und damit auch den Druck, der auf den beiden Stiften liegt, mit denen diese Klammern $c—c'$ an ihren Seitenwänden befestigt sind. Sind also diese Federn entfernt, so können wir diese Stifte ebenfalls herausziehen und die beiden seitlichen Eisenklammern wegnehmen.

3. Daraufhin schrauben wir die Spindel s heraus und heben den Druckdeckel f von dem deformierten Würfel ab. Daraufhin können wir den ganzen Eisenrahmen umlegen und über die Seitenteile $a—a'$ herüberziehen, worauf diese, ihres letzten Haltes beraubt, nach den Seiten auseinanderklappen.
4. Die hölzernen Würfel können nun ebenfalls ohne weiteres weggenommen werden und es bleibt nur der Deformationsinhalt der Druckkiste als zusammengedrückter rechteckiger Klotz auf dem Unterbrett stehen, frei nach allen Seiten, sodass er ohne weiteres beliebig auseinandergeschnitten werden kann.

Wir sehen also, dass dieser Druckapparat wirklich zweckentsprechend konstruiert ist und nach Vollendung des jeweiligen Experimentes ebenso leicht auseinandergenommen werden kann, wie er daraufhin wieder schnell zusammengesetzt ist.

In dieser Druckmaschine nun wird irgend eine plastische Masse von oben her zusammengedrückt,

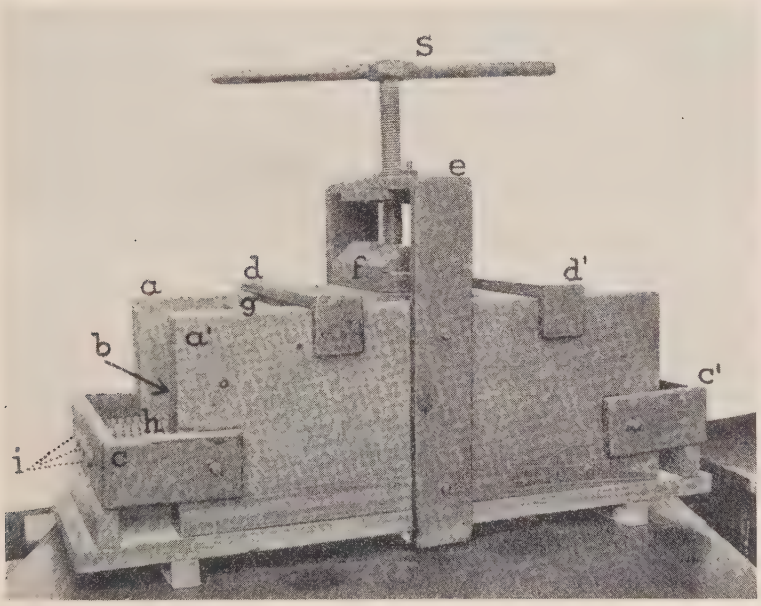


Fig. 8

wobei sie aber nach zwei Seiten auseinandergehen kann, indem sie die verschiebbaren Seitenwände der Würfel $b—b'$ nach aussen drückt. Dabei wird der ursprüngliche Würfel unserer plastischen Masse zu einem länglichen, liegenden Parallelepiped zusammengedrückt. Betten wir nun in die plastische Masse dieses Würfels einen ebenso plastischen Abguss eines Fossils ein, so wird dieses natürlich ebenfalls von der einen Seite her zusammengedrückt und nach 2 Seiten hin auseinandergezogen werden. Wir ahmen also auf diese Weise genau den Vorgang der tektonischen Deformation nach. (Dass der Druck in unserem Apparat von oben her erfolgt, statt von der Seite her, ist natürlich nur eine Frage der

Stellung des Apparates. Wir brauchen uns denselben natürlich nur umgekippt zu denken, um zu der Tatsache eines seitlichen Druckes zu kommen.)

Der starke Gegendruck der seitlichen Stahlfedern, den wir ursprünglich nicht vorgesehen hatten, d. h. wenigstens nicht in dieser Stärke, erwies sich im Laufe des Experiments als nötig. Denn wenn dieser Gegendruck auf die auseinanderlaufenden Würfel fehlt, gerät unsere plastische Masse beim Zudrehen der Druckspindel keineswegs unter einen grösseren Druck, sondern läuft einfach entsprechend dem auf sie einwirkenden Druck widerstandlos nach den Seiten auseinander. Dadurch aber, dass diese Masse dann nicht unter einem grossen Druck steht, kann sie auch gar nicht deformierend auf das eingeschlossene Fossil wirken. Sie läuft vielmehr an diesem einfach vorbei, indem sie gleichsam an ihm abgleitet. Und wir konnten so in dem deformierten Würfel unsere eingebetteten Fossilien stets gänzlich undeformiert wiederfinden. In der Tat ist ja auch bei dem wirklichen Vorgang der Gebirgsbildung das von einer Seite her zusammengepresste Gestein einem ungeheueren Gegendruck ausgesetzt, wodurch das harte Gestein sich wie eine plastische Masse verhalten kann.

Wir standen nun für unser praktisches Experiment vor der Aufgabe, einen aus einer plastischen Masse hergestellten Muschelabguss in ein ebenfalls plastisches Material einzubetten, damit den Hohlraum unserer Druckkiste auszufüllen und diese Masse in der beschriebenen Art und Weise zusammenzudrücken. So einfach dieser Vorgang sich anhört, so viele Schwierigkeiten stellten sich doch seiner praktischen Ausführung in den Weg.

Die ersten Versuche stellten wir wieder mit unserem vorher so bewährten Glaserkitt an. Zu diesem Zweck schnitten wir uns aus diesem Material zunächst einen Würfel von derselben Grösse, wie der uns zur Verfügung stehende Hohlraum der Druckkiste, stellten diesen Würfel bei auseinandergelegtem Apparat an die passende Stelle auf das unterliegende Brett, schnitten ihn hier in der Mitte auseinander und legten die eine Hälfte beiseite.

Vorher hatten wir uns einen Gipsabguss einer undeformierten ganzen Muschel hergestellt mit beiden Schalenhälften versehen, deren negative Abgüsse genau aufeinanderklappten, sodass wir durch Ausfüllen dieser beiden Hohlräume mit Kitt einen aus Kitt bestehenden positiven Abdruck unserer Muschel bekamen. Diese Kittmuschel erwies sich in ihren Schalenverzierungen von vornherein als sehr empfindlich gegen Berührung. Nun standen wir vor der Aufgabe, dieses Kittfossil ganz genau in eine entsprechende Höhlung unseres ebenfalls aus Kitt bestehenden Blockes einzubetten. Dies konnte natürlich nur so erreicht werden, dass wir uns, ausser diesem Kittfossil, einen genau gleichen Gipsabguss aus denselben negativen Formen herstellten, den wir nach seiner vollständigen Erhärtung in die beiden Hälften des Kittwürfels eindrücken konnten. Wir stellten also mit Hilfe dieses harten Gipsabgusses in unserer Kittmasse zunächst zwei negative Abdrücke (Hohlräume) her, in die wir unser weiches Kittfossil naturgemäss genau hineinlegen mussten. Dies liess sich praktisch nur so bewerkstelligen, dass wir unseren harten Gipsabguss mit der einen Schalenhälfte zunächst in die stehengebliebene Hälfte des Würfels hineindrückten, dann die andere Hälfte des Kittwürfels passend darauf schoben und sie soweit an die andere Hälfte herandrückten, bis die beiden Würfelhälften fest aneinander lagen. Wodurch sich dann die zweite Hälfte der Gipsmuschel in diesen angedrückten Kittblock eindrücken musste. Nahmen wir hierauf diesen halben Kittblock wiederum weg, so hatten wir in beiden Hälften unseres Kittwürfels einen negativen Hohlraum erzeugt, in den jetzt auch unser weicher Kittabdruck genau hineinpassen musste. Wir betteten also daraufhin, an Stelle der Gipsmuschel, unsere Kittmuschel in die erzeugte negative Form, legten die beiden Kittwürfel wieder aufeinander, bauten den Apparat darum herum auf und drückten unseren Kittwürfel in der beschriebenen Weise zusammen. Dabei musste theoretisch unser Kittfossil ebenfalls mitdeformiert werden.

Das Resultat dieses Experimentes aber war nun folgendes:

Nach dem Wiederauseinandernehmen des Apparates erwies es sich als unmöglich, die beiden Hälften des nun deformierten Kittblockes an der alten Nahtstelle wieder einigermassen sauber auseinanderzubringen, da der Kitt beider Hälften fest ineinander gedrückt war.

(Dieser Übelstand liess sich auch bei weiteren Versuchen nicht beheben, etwa durch versuchtes Glasieren der beiden Schnitthälften. Auch ein Dazwischenlegen eines Papieres führte zu keinem Resultat, da sich an diesem Papier einfach der eine Block gegen den anderen verschob und das Fossil entsprechend in sich verrutscht und so zerstört wurde.)

Es musste also schon bei dem etwas gewaltsamen Herauslösen unseres Kittfossils eine mehr oder minder weitgehende Verletzung desselben eintreten.

Derselbe Übelstand zeigte sich nun vor allem auch bei dem Kittfossil selbst, das infolge eines genau gleichen Härtegrades und der Kohäsion mit der einhüllenden Kittmasse derartig mit dem umliegenden Kitt zusammengebacken war, dass es überhaupt nicht mehr richtig herausgelöst werden konnte. Wir erhielten auf diese Weise also nur eine formlose Masse, der man zwar eine Deformation noch anmerkte, die aber in bezug auf ihre Oberfläche so zerstört war, dass diese Experimente als misslungen bezeichnet werden mussten.

Wir wiederholten nun diese Versuche mit der Abänderung, dass wir das Kittfossil durch geringeren Ölzusatz etwas härter machten als die umliegende Kittmasse. Das Resultat war ein wenig besser, d. h. das Kittfossil konnte als einigermassen deformierter Klumpen wieder herausgelöst werden, doch war die Oberfläche noch immer so zerstört, dass dieser Klumpen einer Muschel nicht mehr ähnlich sah. Auch blieben bei diesen beiden Experimenten die Übelstände bestehen, dass die genaue Herstellung der Hohlform mit Hilfe des Gipsfossils äusserst langwierig und praktisch gar nicht ganz exakt zu erreichen war, und dass das Auseinanderschneiden des deformierten Blockes an der alten zusammengequetschten Nahtfläche stets zu einer mehr oder minder starken Verletzung des Kittfossils führte. Immerhin hatte es sich gezeigt, dass wir mit der Idee wenigstens auf dem richtigen Wege waren, wonach das Fossil etwas härter sein müsse, als die umliegende Masse, um nicht mit dieser zu einem Ganzen zusammengequetscht zu werden.

In der folgenden Reihe von Experimenten machten wir nun unser Kittfossil durch immer geringeren Ölzusatz immer härter, die Möglichkeiten des Herauslösens wurden damit immer besser, blieben aber immer noch sehr schlecht. Und als wir schliesslich soweit gingen, den Unterschied in der Härte des Kittfossils zu der umliegenden Kittmasse zu weit zu treiben, zeigte sich die Erscheinung, dass das Kittfossil gar nicht mehr deformiert wurde, dass vielmehr die es umschliessende weichere Kittmasse unter dem Druck gleichsam an ihm vorbeifloss (trotz des starken Gegendruckes) und in dem deformierten Würfel ein annähernd oder völlig umdeformiertes Kittfossil sich vorfand. Aber selbst in diesem Falle blieb die Zerstörung der Oberfläche des härteren Kittfossils so stark, dass ein brauchbares Resultat auch in dieser Hinsicht nicht erreicht war.

Wir mussten also diese Versuche mit Kitt als erfolg- und hoffnungslos abbrechen, hatten aber immerhin die wichtige Einsicht gewonnen, dass die richtige, d. h. „bruchlose" Deformation des eingeschlossenen Fossils abhängig war von einem ganz bestimmten Verhältnis der Härte von Fossil und umschliessender Masse.

Wir wiederholten nun dieselbe Reihe von Experimenten statt mit Kitt mit dem etwas widerstandfähigeren Plastilin. Es zeigte sich bei diesen Versuchen genau dasselbe Resultat; d. h. die Methode des Einbettens durch vorheriges Herstellen eines passenden Hohlraumes vermittels des harten Gipsfossils erwies sich als zu mühsam und zu unexakt. Das Auseinanderlegen des Plastilinblockes ging zwar

etwas besser vonstatten, als beim Kitt, da Plastilin nicht so durch den Druck in sich verklebt und zusammengebacken wird, wie der stärker klebrige Kitt. Doch war auch hier immer noch eine Verletzung des Plastilinfossils beim Auseinanderschneiden des Plastilinblockes unvermeidlich. Auch die Zerstörung der Oberfläche des etwas härteren Plastilinfossils durch die umliegende etwas weichere Plastilinmasse war durch das Zusammenbacken der Oberfläche des Plastilinfossils immer noch viel zu stark, als dass man von einem brauchbaren Resultat hätte sprechen können. Immerhin hatten wir auch an dieser Experimentenreihe mit Plastilin wiederum die Erkenntnis gewonnen, dass das Eintreten einer bruchlosen Deformation von einem genauen Härteverhältnis von Fossil und umliegender Masse abhängig sei und zwar dergestalt, dass das Fossil etwas härter sein müsste, als die umliegende Masse.

Dieses „Etwas", d. h. diese geringe Differenz war aber auf diese Weise nicht genau aufzufinden, da es praktisch unmöglich war, sowohl für das Kitt-, wie für das Plastilinfossil jedesmal die gleiche Härte durch Kneten zu erzeugen. Geschweige denn, es bei jedem folgenden Experiment tatsächlich um eine Spur härter zu bekommen, als beim vorhergehenden, wie es für eine exakte Versuchsreihe nötig gewesen wäre.

Da ein anderes plastisches Material nicht mehr in Frage kam, mussten wir diesen Weg, das Fossil aus demselben Material herzustellen, wie die umliegende Masse, überhaupt verlassen und mussten uns eine Methode suchen, bei der alle diese hier aufgetauchten Übelstände, wie das vorherige Herstellen der Hohlform, das Auseinanderlösen des Blockes an der zusammengeklebten Schnittfläche und das Zusammenbacken von Fossil und umliegender Massen vermieden werden konnten. Vor allen Dingen aber mussten wir als umschliessende Masse ein Material wählen, das in ganz weichem Zustande eingefüllt werden konnte und dann allmählich erstarrte. Denn in diesem Falle konnten wir die Hoffnung hegen, den richtigen Festigkeitgrad zwischen umliegender Masse und Fossil mit Hilfe genauer Zeitbestimmungen durch eine genaue Versuchsreihe herauszufinden. Musste doch im Verlaufe des Erstarrens der ursprünglich weichen Masse irgendwann einmal der Zeitpunkt eintreten, in dem diese Erhärtung soweit gediehen war, dass sie an dem härteren Fossil nicht mehr einfach vorbeigedrückt wurde und dieses undeformiert liess, dass es aber andererseits auch noch nicht so genau gleich hart war, wie das Fossil und dadurch zu einer einzigen Masse mit diesem zusammengebacken werden musste. Es musste vielmehr bei einer solchen allmählich erstarrenden Masse möglich sein, durch eine Reihe von Versuchen den Zeitpunkt zu ermitteln, in dem die Erstarrung gerade so weit gediehen war, dass diese umliegende Masse noch genau um den gesuchten Grad weicher war, als das eingebettete Fossil, sodass also eine bruchlose Deformation eintreten konnte.

Aus dieser Erwägung heraus wählten wir für die nächsten Versuchsreihen für die umschliessende Masse Gipsbrei und als Fossil Plastilin. Letzteres erwies sich als bedeutend vorteilhafter als Kitt, da es nicht so klebrig ist. An seiner Oberfläche haftet das umschliessende Material nicht so stark und auch ein einmal hergestellter Härtegrad des Plastilins lässt sich längere Zeit konstant halten, als der schneller austrocknende und damit hart und spröde werdende Kitt.

Wir gingen für diese Experimentreihe folgendermassen vor:

Wir setzten ein genaues Quantum Gips mit ebenfalls genau abgemessenem Quantum Wasser an und bestimmten zunächst den ungefähren Zeitpunkt, in dem dieser Gipsbrei soweit erstarrt war, dass er in seiner Härte dem Plastilin wenigstens soweit nahe kam, dass der Beginn des Experiments von diesem Zeitpunkt ab wenigstens einigermassen einen Erfolg versprechen konnte. Dieser Zeitpunkt ergab sich mit 4 Minuten 15 Sekunden. Wir stellten nun stets in genau demselben Verhältnis wiederum einen Gipsbrei her, füllten denselben in die schon aufgebaute Maschine zur Hälfte ein, legten das Plastilinfossil darauf, schütteten die zweite Hälfte des Gipsbreies darüber, montierten den Druckdeckel

mit der Spindel darauf und warteten nun 4 Minuten, bis wir das Zusammendrücken vornahmen. Daraufhin nahmen wir die Maschine schnell auseinander, noch ehe der Gipsbrei ganz erstarrt sein konnte, brachen ihn auseinander und lösten unser Plastilinfossil heraus. Das Resultat dieses ersten Versuches war, wie eigentlich erwartet werden musste, ein vollständig undeformiertes Fossil, was darauf hinwies, dass die Erstarrung nach 4 Minuten noch nicht weit genug war, die umliegende Gipsmasse vielmehr noch so viel weicher war, als der Plastilinkern, dass sie unter dem Druck an demselben gleichsam vorbeifloss, der Druck also nicht auf das Fossil übertragen werden konnte und dasselbe undeformiert blieb.

Doch hatte uns schon dieses erste Experiment gezeigt, dass wir mit der Idee des anfangs flüssigen und dann allmählich erhärteten umschliessenden Materials unbedingt auf dem richtigen Wege waren, da sich nur auf diesem Wege wenigstens der erste Übelstand des Einbettens des Fossils beheben liess, da dieses je einfach, in der jeweils gewünschten Lage, in die breiartige Masse eingelegt werden konnte. Auch zeigte es sich bereits, dass durch die jetzt gänzliche Verschiedenartigkeit des Materials von Fossil und umliegender Masse, die Erscheinung des Zusammenbackens beider zu einer Masse bereits kaum mehr in Erscheinung getreten war, insbesondere weil das fettige Material des Plastilinfossils keine Tendenz zeigte, sich mit dem wasserhaltigen Gips zu verkleben. Doch war auch hier, trotzdem das Plastilinfossil undeformiert geblieben war, dessen Oberfläche dennoch wiederum so mitgenommen und in ihren Feinheiten zerstört, dass man nur mit Mühe die ursprüngliche Muschel in dem herausgelösten Plastilinklumpen wiedererkennen konnte.

Wir setzten nun die Versuchsreihe fort, indem wir den Zeitpunkt des Zusammendrückens um jeweilig fünf Sekunden hinausschoben. Wir gingen dabei, wie schon gesagt, von der Erwägung aus, dass wir unter der Voraussetzung genau gleichen Mischungsverhältnisses von Gips und Wasser auf diese Weise irgendwann einmal den richtigen Zeitpunkt erwischen mussten, in dem der Gipsbrei gerade soweit erstarrt war, dass er um diejenige gesuchte geringe Differenz weicher war als der eingeschlossene Plastilinkern, bei der die Erscheinung der bruchlosen Deformation eintreten musste.

Diese an sich theoretisch richtige Spekulation erwies sich aber leider bei der genau durchgeführten Versuchsreihe von fünf zu fünf Sekunden als praktisch undurchführbar, da die Erstarrungskurve des Gipsbreies so rasch ansteigt, d. h. diese Erstarrung so plötzlich vor sich geht, dass wir trotz genauen Mischungsverhältnisses den viel zu kurzen richtigen Moment des richtigen Härtegrades niemals treffen konnten. Entweder blieb unser Pastilinfossil undeformiert oder es trat eine vollständige Zertrümmerung ein (nämlich dann, wenn der Gipsbrei nur ein wenig zu hart geworden war). Im besten Falle erreichten wir das Resultat, dass das eingeschlossene Plastilinfossil wenigstens nicht ganz zertrümmert, sondern annähernd bruchlos deformiert war. Ein wirklich brauchbares Resultat liess sich auch bei aller Exaktheit der Zeitbestimmung nicht erreichen, da der genau richtige, gewünschte Härtegrad des Gipsbreies im Verlauf von einigen Sekunden durchlaufen und überschritten wurde. Trotz exakter Zeitbestimmung, lagen zu viele Fehlerquellen vor, die jede Exaktheit in der Zeitbestimmung wieder hinfällig machten. (So z. B. schon einfach die Tatsache, dass schon bei dem Mischen und Umrühren des angesetzten Gipsbreies eine Differenz von Sekunden nicht zu vermeiden ist. Auch war es praktisch nicht zu erreichen, den Plastilinkern bei jedem Experiment auf denselben Härtegrad zu bringen, insbesondere da derselbe jedes Mal, infolge seines Zerstörens, wieder neu hergestellt werden musste und der Wärmegrad der Hand, in der er geknetet wurde und die Länge dieses Knetens für seine Weichheit ausschlaggebend war.)

Wir mussten also darauf ausgehen, diese rasch ansteigende Erstarrungskurve des Gipses in eine langsam ansteigende zu verwandeln. Dies erreichten wir schliesslich durch starken Zusatz von Tischler-

leim, durch dessen Beigabe zum Gipsbrei wir jede beliebige Zeit der Erstarrung herbeiführen konnten. Nach einer längeren Reihe von diesbezüglichen Versuchen gelangten wir zu einer Mischung von Gips und Leim, die uns eine so allmählich erstarrende Masse lieferte, dass die vollständige Erstarrung erst in einem Zeitraum von ca. 30 Minuten eintrat. Mit dieser Masse konnten wir nun wirklich die Hoffnung hegen, den Zeitpunkt des richtigen Festigkeitsverhältnisses zwischen Plastilinfossil und umschliessender Masse ohne weiteres zu finden.

Die mit diesem Gemisch von Gips und Leim im folgenden angestellten Versuchsreihen zeigten uns nun auch sehr bald, dass wir ohne sonderliche Mühe schon bei einigermassen exaktem Arbeiten diesen Zeitpunkt feststellen konnten, und zwar bei ca. 28 Minuten. Und in einem so weiten Spielraum, dass wir bei einem Einsetzen des Druckes nach 27 Minuten ein schwach deformiertes, nach 28 Minuten ein stark deformiertes und erst bei 29 Minuten ein zertrümmertes Fossil erhielten.

Und da nun sowohl der Übelstand des Einbettens behoben war und auch das Auseinanderbrechen des noch nicht ganz erstarrten Gipsblockes bei einiger Geschicklichkeit ganz gut vonstatten ging, hatten wir prinzipiell unser Experiment eigentlich gelöst.

Und dennoch blieb leider ein Übelstand bestehen, über den wir auf diese Weise nicht Herr werden konnten; nämlich auch hier trat die Zerstörung der Feinheiten der Oberfläche unserer Plastilinmuschel in einem solchen Grade ein, dass wir von einer wirklich einwandfreien Lösung noch nicht reden konnten. Wir konnten zwar beispielsweise bei einer aus Plastilin hergestellten Cardium, die aus ihr entstehende Deformationsform an den starken Rippen wohl noch einigermassen als solche erkennen; doch war diese Oberfläche so verrutscht und abgeschabt, dass von irgendeinem praktischen Wert dieses deformierten Plastilinknollens, der in seiner Oberfläche nur noch von fern her an eine Cardium erinnerte, kaum die Rede sein konnte.

Diese Zerstörung der Oberfläche bei einer sonst vollständig bruchlosen Deformation kam nun dadurch zustande, dass der halbwegs erstarrte Gipsbrei bei einer Deformation, durch den grossen auf ihn wirkenden Druck, sich nicht ganz wie eine plastische Masse verhielt, sondern sich ungezählte kleine Rutschflächen bildeten, die auf die Feinheiten der Schalenverzierungen unserer Plastilinmuschel zerstörend einwirkten.

An diesem kleinen Übelstand scheiterten nun für lange Zeit alle unsere weiteren Experimente. Wir versuchten diesem Übelstand schliesslich beizukommen durch eine Beimischung von Sand zu dem Gipsbrei, aus der Spekulation heraus, dass durch diese Beimischung die Gipsmasse sich nicht mehr in Gestalt ungezählter kleiner Rutschflächen in sich verschieben könne, diese kleinen Rutschflächen vielmehr schon im Moment ihres Entstehens durch die kleinen dazwischenliegenden Sandkörner wieder abgelenkt und aufgehoben werden müssten.

Es erwies sich sehr bald bei einem genügenden Zusatz von Sand diese Voraussetzung auch als richtig, doch leider noch immer nicht genügend, um eine schön erhaltene Schalenoberfläche bei dem deformierten Plastilinfossil zu erhalten. Die Zerstörung seiner Oberfläch ging zwar nicht mehr soweit, doch trat dafür der neue Übelstand auf, dass der Sand in die feine Oberfläche des Plastilins infolge seiner grossen Härte hineingedrückt wurde oder aber in derselben seinerseits nun feine Rillen erzeugte.

Immerhin hatte uns dieser Versuch mit dem Sand gezeigt, dass wir mit der Idee einer Beimengung eines die Rutschflächen des Gipses störenden Materials wieder auf dem richtigen Wege waren, um zu einem vollkommenen Resultat auch ohne Zerstörung der Feinheiten der Oberfläche des Plastilins zu gelangen.

Nach vielen und langwierigen Versuchen mit anderen (pulverisierten) Materialien als Beimengung zu dem Gipsbrei, kamen wir endlich auf die — im ersten Moment etwas absurd scheinende —

Idee, unserem Gipsbrei Sägemehl beizumischen. Wir gingen dabei von der Anschauung aus, dass das Sägemehl nicht wie der Sand aus einzelnen runden Körnern, sondern aus Blättchen und Fetzchen besteht, wodurch erreicht werden musste, dass jede auftretende kleine Rutschfläche im Gips sofort wieder durch eine sich ihr entgegenstellende Wirkung des Sägemehlblättchens in ihrer Fortsetzung gestört und abgelenkt werde. Wir konnten also schon aus dieser Anschauung heraus hoffen, dass das blättchenförmige Material des Sägemehls das Auftreten der ungezählten Rutschflächen im Gips viel weitgehender und vollkommener verhindern könne, als das Körnchenmaterial des Sandes.

Ausserdem aber glaubten wir annehmen zu dürfen, dass diese Sägemehlblättchen, infolge ihrer viel geringeren Härte, auch bei grossem Druck nicht in die Oberfläche unserer Plastilinmuschel eingedrückt würden, sich vielmehr beim Anstossen an das festere Plastilinmaterial einfach umlegen müssten.

Nach einer Reihe von Versuchen, die uns das richtige Mischungsverhältnis von Sägemehl mit Gipsbrei ergaben, erwies sich nun diese Spekulation des beigemengten Sägemehls in der Praxis als richtig und ergab uns mit einem Schlag die vollkommene Lösung unseres so lange gesuchten Experimentes

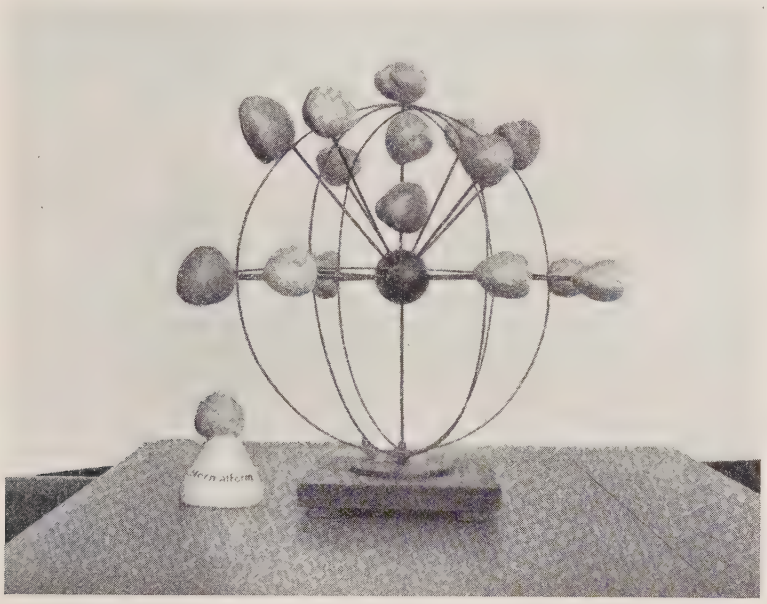


Fig. 9

Unser Plastilinfossil wurde nun nicht nur vollkommen bruchlos deformiert, sondern seine feine Oberfläche blieb tätsächlich in allen Feinheiten so erhalten, dass die deformierte Plastilinmuschel in ebenso vollkommenem Erhaltungszustande aus der Druckmaschine in bezug auf ihre Oberfläche sich herauslösen liess, wie sie im undeformierten Zustand eingebettet worden war. Die noch anhaftenden Sägemehlblättchen liessen sich durch Abspülen mit Wasser ohne weiteres entfernen und auch der Prozess des Herauslösens wurde nun aus dem mit Sägemehl durchmischten Gipsblock ganz einfach. Man konnte denselben nun mühelos auseinanderbrechen und die eingebettete Plastilinmuschel ohne jegliche Verletzung herauslösen.

Wir hatten also, durch Zusatz von Sägemehl, endlich die vollkommene praktische Lösung für unser Experiment gefunden und konnten dasselbe nun mit ganz sicherem Resultat so oft wiederholen, wie wir wollten. Daraufhin konnten wir nun endlich darangehen, unsere Plastilinmuschel in allen gewünschten Lagen in der Druckmaschine einzubetten und zu deformieren, und so alle Deformationsformen zu erzeugen, die wir brauchten.

Alle diese Versuche gingen nun so anstandslos und glatt vonstatten, dass wir statt des einen Plastilinfossils gleich deren vier einbetten konnten, sodass wir für jede Ebene gleich unsere vier Deformationstypen mit einem einzigen Vorgang erzeugen konnten.

Auf diese Weise stellten wir beispielsweise von unserer Musterform einer Cardium alle möglichen Deformationsgestalten, genau nach unserem theoretischen Schema, her, indem wir jeweils unsere vier gleichen Cardiumabgüsse aus Plastilin in alle die Ebenen im Verhältnis zur Druckrichtung einbetteten, die wir in unserem theoretischen Schema als Hauptebenen erkannt und theoretisch bearbeitet hatten.

Das praktische Resultat davon war eine vollständige Bestätigung unseres ganzen theoretischen Schemas, d. h. alle dort aus der Theorie geforderten Deformationserscheinungen kamen nun praktisch aufs vollkommenste aus der Druckmaschine heraus. So entstanden aufs deutlichste die Formen mit übereinandergewölbten Wirbeln, mit seitlich verschobenen Wirbeln, mit übereinandergewölbten und zugleich seitlich verschobenen Wirbeln. Wir erhielten aufs vollkommenste die dicken kugelförmigen, ebenso wie die ganz flachen plattgedrückten Formen, und zwar jeweils in Verbindung mit unseren vier für jede Ebene gültigen Typen. Und vor allem war die Übereinstimmung dieser auf solche Weise praktisch erzeugten Deformationsformen mit unserem vorliegenden deformierten St. Galler Material eine so vollkommene, dass sie trotz der schon gemachten Voraussetzungen und trotz der bereits so gut gelungenen Versuche auf der Kittplatte, dennoch einfach verblüffend wirkten.

Die deformierten Plastilinkerne gossen wir dann in Gips ab, um sie in einen erhaltungsfähigen Zustand zu setzen, und verfertigten mit solchen Gipsabgüssen das auf Fig. 9, ersichtliche Modell, an dem wir das ganze Problem der Deformation in seiner schematischen Wiedergabe durch experimentell erzeugte Deformationsformen aller wichtigsten Deformationsebenen gleichsam in Reinkultur dargestellt vor uns sehen.

IV. Paläontologische Resultate

A. Das Resultat der neuen Bestimmungen der Pelecypodenarten der St. Galler Meeresmolasse unter Berücksichtigung der Deformation

Wie aus den folgenden Tabellen hervorgeht, hat MAYER-EYMAR im Verlaufe seiner langjährigen Bearbeitung des uns vorliegenden Pelecypodenmaterials 426 verschiedene Arten aufgestellt.

Davon waren 126 Arten als Novaspezies von MAYER-EYMAR aufgestellt worden.

Diese 426 Arten sind nun durch unsere Neubestimmung unter Berücksichtigung der Deformation auf 62 Arten zusammengeschmolzen. Und hierbei sind von den 126 neuen Arten MAYER-EYMARS nur 6 erhalten geblieben.

Zu diesem Resultat nun müssen wir gerechtigkeitshalber erwähnen, dass MAYER-EYMAR in den letzten Jahren, in denen er immer wieder an der Bestimmung dieses grossen Materials arbeitete, längst selbst nicht mehr an die grosse Artenfülle geglaubt hat, wie er sie ursprünglich angenommen und teilweise bereits veröffentlicht hatte. Dies ging deutlich hervor aus dem Zustand, in dem er seine Arbeit hinterliess.

In den vielen Hunderten von Schachteln, in denen dieses Material von ihm aussortiert lag, fanden wir nämlich in zahlreichen einzelnen Schachteln jeweils mehrere Etiketten und dementsprechend mehrere verschiedene Deformationsformen der verschieden von ihm aufgestellten Arten wieder zusammengeworfen, teilweise mit einer neuen Etikette, die nun gleichsam für den ganzen Inhalt der Schachtel gelten sollte, teilweise auch ohne eine solche Neubestimmung versehen.

Es sind übrigens bestimmt auch in den vielen Jahren viele Schachteln und Etiketten durcheinandergeworfen worden, da häufig nicht nur die Arten, sondern die Gattungen derartig augenfällig verwechselt waren, dass die Annahme, ein so gewiegter Fossilienkenner habe sich derart in der Gattung irren können, einfach nicht zulässig gewesen wäre.

Wir haben aus diesem Grunde auch darauf verzichtet, nunmehr unsere eigenen Bestimmungen denjenigen MAYER-EYMARS parallel zu setzen. Denn es wäre auf alle Fälle eine Ungerechtigkeit MAYER-EYMARS gegenüber dabei herausgekommen, da wir beispielsweise Schachteln mit *Cardien* mit dem Etikett « *Tapes helveticus* » vorfanden, was nur auf nachträgliches Durcheinandergeraten der Etiketten erklärt werden kann.

Es bleibt aber die Tatsache, die aus dem Zustand der Etikettierung deutlich hervorging, dass MAYER-EYMAR der durch die Deformation eingetretenen Überfülle verschiedenster Formen ratlos gegenüberstand, trotzdem er die Tatsache einer vorliegenden Deformation unbedingt erkannt hat.

Dies geht deutlich aus seinen Bestimmungen hervor: — um nur ein einziges Beispiel hier anzuführen — der *Cardium (Discors) discrepans.*

Trotz der unglaublichen Formenverschiedenheit, wie wir sie an den abgebildeten Exemplaren der Tafel I beobachten können, hat er aus keinem dieser Deformationsexemplare etwa eine besondere Art aufgestellt.

Diese Erscheinung können wir überhaupt weitgehend beobachten bei den ausgesprochen kugeligen, d. h. dreidimensionalen Pelecypodenformen. Denn bei diesen Arten, bei denen die Erscheinung der Deformation am augenfälligsten war und auch zu den von vornherein ja unmöglich primären Erscheinungen des Überwölbens resp. Verschiebens der Wirbel führt, hat sich MAYER-EYMAR am wenigsten häufig zur Aufstellung neuer Arten verleiten lassen.

Bei den flachen Arten aber, wie beispielsweise den *Tapes* oder gar den *Lutrarien,* an denen eine Deformationsform durchaus nicht so ohne weiteres als solche zu erkennen ist, die Gefahr einer Täuschung also viel näher liegt, ist er dem Irrtum, aus solchen Deformationsformen neue Arten zu bilden, in weitgehendstem Masse unterlegen.

Sehen wir uns zum Beispiel seine Bestimmung der *Lutrarien* an, so sehen wir, dass er hier in der Aufstellung neuer Arten geradezu geschwelgt hat und nicht weniger als 19 neue Lutrarienarten aufstellte, die ausnahmelos Deformationsformen sind. Schon aus den Bezeichnungen, die er diesen neuen Arten vielfach gab, wie: Ambiqua, Latior, Mutada, Ovalis etc., geht hervor, wie sehr er sich hier noch rein an die vorliegenden Formen klammerte.

Die grösste Anzahl aber dieser vielen von MAYER-EYMAR aufgestellten Pelecypodenarten basieren nur auf einigen wenigen oder gar einem einzigen Exemplar, was wiederum begreiflich ist, da ja die Erscheinung der bruchlosen Deformation am schwierigsten zu erkennen ist, also am leichtesten zu Fehlschlüssen führt bei der Betrachtung von nur einzelnen Stücken. Bei solchen Arten aber, wo ein grosses Material vorlag, wie beispielsweise bei der schon angeführten *Cardium discrepans,* war die Gefahr eines Nichterkennens der einzelnen Exemplare als Deformationsform von vornherein geringer und hat sich auch dementsprechend bei MAYER-EYMAR so ausgewirkt.

Jedenfalls aber geht aus der durch das Problem der Deformation sich ergebenden enormen Verringerung der 426 MAYER-EYMARschen Arten auf die Zahl von nur 62 hervor, wie richtig die ursprüngliche Vermutung von Professor SCHARDT war, wonach die Erscheinung einer solchen Variabilität der Arten in einem relativ so kleinen Meeresbecken von vornherein eine Unmöglichkeit darstelle, aus welchem Grundgedanken heraus Professor SCHARDT mir diese Arbeit übergeben hatte.

B. Erläuterungen zu den Tafeln

ZU TAFEL I

Cardium (Discors) discrepans Bast.

Auf dieser Tafel sind sowohl die vier Hauptdeformationstypen, wie auch die beiden Erscheinungen der seitlich verschobenen und der übereinandergewölbten Wirbel ungewöhnlich schön ausgebildet. Man beachte die unglaublich verschiedenen Formen insbesondere von Typus I und Typus III. Ebenso die ganz verschiedenen Gestalten von Typus II mit exzentrisch nach links gerücktem Wirbel und Typus IV, bei dem der Wirbel nach rechts abgebogen ist. Trotz dem ausserordentlichen Ausmass der Deformation sehen wir, dass diese Exemplare vollständig bruchlos geformt wurden. Besonders bei Typ II können wir beobachten, dass auch die noch vorhandene Schale diese Deformation mitgemacht hat, ohne irgendwie zu brechen oder sich in Falten aufzuwerfen. (Einzig bei dem Exemplar des Typ. I macht sich eine schwache Bruchlinie bemerkbar.) In der Mitte dieser Tafel sind die vier Typen so um die (aus dem Becken von Bordeaux entnommene)

Normalgestalt herumgruppiert, wie sie ursprünglich im Gestein in ihrem Verhältnis zur Druckrichtung gelegen haben müssen.

Diese Art der *Discors discrepans* ist bedeutend grösser als wir sie im Becken von Bordeaux vorfinden.

ZU TAFEL II

Nr. 1. *Cardium (Discors) discrepans* Bast.
„ 2. *Cardium (Discors) discrepans* Bast.
„ 3. *Cardium (Discors) discrepans* Bast.
„ 4. *Cardium (Discors) discrepans* Bast.
„ 5. *Cardium (Discors) discrepans* (Normalgestalt aus dem Becken von Bordeaux)
„ 6—11. *Cardita crassicosta* Lam.
„ 12. *Cardium burdigalinum* Lam.

ZU TAFEL III

Nr. 1 und 2. *Cardium commune* May. (Jugendstadium).

Auf diesen sehr schönen Gesteinsplatten sehen wir viele Cardien dieser gleichen Art in allen möglichen Stellungen zur Druckrichtung liegen. Dementsprechend lassen sich hier sämtliche Deformationsformen aufs beste beobachten.

Nr. 3. Auf der Kittplatte hergestellte Deformationsformen derselben *Cardium.* Wir sehen die genaue Übereinstimmung dieser Deformationsformen mit den entsprechenden Deformationsformen auf den nebenstehenden Gesteinsplatten. In der Mitte dieser Figur die undeformierte Normalgestalt.

Nr. 4. Die Entstehung von Typus II und IV auf der Kittplatte.

Nr. 5. Die Entstehung von Typus I und III auf der Kittplatte.

ZU TAFEL IV

Nr. 1. *Cardium Darwini* Cossm. emend.
„ 2. *Cardium Darwini* Cossm. emend. (früher: *Cardium Grateloupi* May.).
„ 3. *Cardium Praecellens* (May.-Eym.), Typ I.
„ 4. *Cardium Praecellens* (May.-Eym.), Typ II. (nach Typ I hin).
Nr. 5. *Cardium Praecellens,* Typ II.
„ 6. *Cardium Praecellens,* Typ III.
„ 7. *Cardium Praecellens,* zwischen Typ I u. II.
„ 8. *Cardium Praecellens,* Typ IV.
„ 9. *Cardium Praecellens,* Typ IV.
„ 10. *Cardium Praecellens,* Typ I.

ZU TAFEL V

Nr. 1. *Tapes vetulus* Bast. Die vier Deformationstypen auf der Kittplatte erzeugt.
„ 2. Die entsprechenden Deformationstypen von *Tapes vetulus* in Wirklichkeit, in der Mitte die Normalgestalt. (Letztere entnommen aus dem Becken von Bordeaux.)

ZU TAFEL VI

Eine vollständige Reihe von Deformationsformen des *Tapes vetulus,* erzeugt auf der Kittplatte und in ihrer Lage zur Druckrichtung angeordnet.

ZU TAFEL VII

Nr. 1—6. *Tapes vetulus* Bast.
Vollständig bruchlos deformierte Exemplare, die verschiedenen Deformationstypen sehr gut ausgebildet.
1. Deformationsform zwischen Typ I und Typ III. Wirbel exzentrisch nach der Seite geschoben, dabei aber verkürzte Form.
2. Deformationsform zwischen Typ I und Typ II. Wirbel ebenfalls — aber nicht so stark — nach der Seite gezogen, dabei aber Gestalt verlängert.
3. Typus I etwas nach Typ IV zu. Stark verlängerte Gestalt, dabei aber Wirbel etwas stärker nach der Mitte zu gerückt als bei der Normalform.
4. Deformationsform Typus I ein wenig schwächer nach Typus IV zu als Figur 3.
5. Deformationsform Typus III.
6. Desgleichen. Diese beiden Exemplare sind entsprechend ihrer gleichen Lage zur Druckrichtung in ihrer deformierten Gestalt einander völlig gleich.

Nr. 7. *Tapes vetulus* Bast. Steinkern mit Schalenüberresten.

„ 8. *Tapes helveticus* May. Var. *Crassisimus* May. Steinkern, ohne jede Schalenüberreste.

„ 9. *Isocardio Burdigalensis* Desh.

„ 10 und 11. *Cardium polycolpatum* Cossm.

„ 12 und 14. *Eastonia Sacyi* Cossm. et Peyr.

„ 13. *Eastonia mitis* May.

„ 14. *Eastonia Sacyi* Cossm. et Peyr.

ZU TAFEL VIII

Nr. 1. *Meretrix intercalaris* Cossm. et Peyr. Deformationsform zwischen Typ II und III, also Gestalt verkürzt und Wirbel stark nach der Seite verschoben.

„ 2. *Meretrix intercalaris* Cossm. et Peyr. Deformationsform zwischen Typ I und II, also Gestalt stark verlängert und Wirbel nach der Seite verschoben.

„ 3. 4 Deformationsformen der *Meretrix intercalaris,* um eine Normalgestalt aus dem Becken von Bordeaux so gruppiert, wie sie im Verhältnis zur Druckrichtung in der Gesteinsschicht lagen. (Typus III ist dabei nicht ganz rein ausgebildet. Dieses Exemplar lag vielmehr etwas nach Typus IV zugedreht.)

„ 4. Deformationsformen (die 4 Typen) auf der Kittplatte erzeugt. In der Mitte ein Steinkern der Normalgestalt. (Ein Drittel natürlicher Grösse.)

„ 5 u. 6. *Tapes helveticus* May. Var. *Crassisimus.* Die Deformation hat hier viel weniger starke Formveränderung hervorgerufen, infolge der Erhaltung der dicken Schale.

„ 7. Die Deformationserscheinungen des Verdickens und des Abflachens der beiden Muschelklappen.

ZU TAFEL IX

Nr. 1. *Lutraria latissima* Desh. Die 4 Deformationstypen auf der Kittplatte erzeugt.

Nr. 2—5. Weitere Deformationsformen von der Kittplatte und zwar Zwischenformen zwischen den 4 Typen.

2. Deformationsform zwischen Typ I u. Typ III.
3. Deformationsform zwischen Typ III u. Typ IV.
4. Deformationsform zwischen Typ I u. Typ II.
5. Deformationsform zwischen Typ II u. Typ III.

ZU TAFEL X

Nr. 1. *Lutraria latissima* Desh. Deformationsform zwischen Typ II u. Typ III.

„ 2. *Lutraria latissima.* Deformationsform Typ IV.

„ 3. Desgleichen. Deformationsform zwischen Typ IV u. Typ I.

„ 4. *Lutraria latissima* Desh. Deformationsform Typ III (sehr stark).

„ 5. *Lutraria latissima.* Deformationsform zwischen Typ IV u. Typ V (schwach ausgeprägt).

„ 6. *Lutraria latissima.* Deformationsform zwischen Typ III u. Typ IV (schwach ausgeprägt).

„ 7. *Lutraria latissima.* Deformationsform zwischen Typ III u. Typ IV (schwach ausgeprägt).

ZU TAFEL XI

Nr. 1. *Lutraria latissima.* Deformationsform zwischen Typ I u. Typ IV (stark deformiert).

„ 2. Desgleichen. Zwei rechtwinklig zueinanderliegende Exemplare, an denen dementsprechend die Erscheinung der Deformation sehr schön beobachtet werden kann. Es entstanden Typ I und Typ IV (jedoch etwas gedreht nach Typ I resp. Typ III hin).

„ 3. Desgleichen. Deformationsform Typ I.

„ 4. Desgleichen. Deformationsform Typ III.

„ 5. *Capsa lagunosa* Chemn. *(Tellina).*

„ 6. *Capsa lagunosa* Chemn.

„ 7. *Lutraria sanna* Bast.

ZU TAFEL XII

Nr. 1. *Pecten Rollei* Hoern.
„ 2. *Pecten scabriusculus* Math.
„ 3. *Pecten scabriusculus* Math.
„ 4. *Pecten scabriusculus* Math.
„ 5. Desgleichen.
Nr. 6. Desgleichen.
„ 7. Desgleichen.
„ 8. *Pecten Rollei* Hoern.
„ 9. *Pecten scabriusculus?*
„ 10. Desgleichen.
„ 11. *Pecten Rollei* Hoern.

ZU TAFEL XIII

Nr. 1. *Pecten Holgeri* Gein.
„ 2. *Pecten scabriusculus.*
„ 3. Desgleichen.
„ 4. Desgleichen.
„ 5. *Modiola Escheri* May.-Eym.
„ 6. Desgleichen.
„ 7. *Modiola plicata* Desh.
„ 8. *Modiola Escheri* May.-Eym.
„ 9. *Lutraria sanna* Bast.
„ 10. *Modiola Escheri* May.-Eym.
„ 11. *Modiola plicata* Desh.

ZU TAFEL XIV

Nr. 1. *Ostrea Boblayei* Desh.
„ 2. Desgleichen.
„ 3. *Ostrea Camellosa* Broc.
„ 4. *Ostrea Boblayei* Desh.
„ 5. Desgleichen.

ZU TAFEL XV

Nr. 1. *Glycimeris Menardi* Desh. (mit Schalenverzierung auf Steinkern).
„ 2. Desgleichen (blosser Steinkern).
„ 3. Desgleichen.
Deformationstyp III.
„ 4. *Pholadomya alpina* Math. (Gipsabguss).
„ 5. *Chama gryphina* Lam.
„ 6. *Teredo Saucatsensis* Ben.

ZU TAFEL XVI

Nr. 1. *Pinna brocchi* Orb.
Deformationsform Typ III.
„ 2. Desgleichen.
Deformationsform Typ II.
„ 3. Desgleichen.
Deformationsform Typ I.
„ 4. *Solen Burdigalensis* Desh.

C. Verzeichnis der Pelecypoden der St. Galler Meeresmolasse unter Berücksichtigung der Deformation (62 Arten)

Von A. Fanck

Anomia erippium L.
Arca Fichteli Desh.
Aspidopholas Branderi Bast.
(id. mit *Sphenia anatina* Bast.)
Avicula (Meleagrina) Studeri
Avicula phalaenacea Lam.?
****Capsa lacunosa*** Chemn.
****Cardita crassicosta*** Lam.
Cardium* ***praecellens* May.-Eym.
* — ***polycolpatum*** Cossm. et Peyr.
* — ***Darwini*** (May.-Eym. Cossm. emend.)
* — ***commune*** May.-Eym.
* — ***burdigalinum*** Lam.
* — *(Discors)* ***discrepans*** Bast.
Chione (Venus) fasciculata Reuss
Chione Haidingeri Hoern.
— *aquitanica* Cossm. et Peyr.
— *casinoides* Bast.
****Chama gryphina*** Lam.
Clavagella bacillum Desh.
Clavagella Brocchi Lam.
Corbula confusa Ben.
****Discors*** *discrepans* Bast. *(Cardium)*
Diplodonta ancodes Cossm. et Peyr.
****Eastonia Sacyi*** Cossm. et Peyr.
* — ***mitis*** May.-Eym.
Gastrana fragilis L.
— *peregrina?* Bast.
Gastrochaena Hoernesi Ben.
**Glycimeris (Panopaea) Menardi* Desh.

**Isocardia burdigalensis* Desh.
Leda deltoidea Ris.
Lithodomus avitensis May.-Eym.
**Lutraria sanna* Bast.
* — ***latissima*** Desh.
— *oblonga* Chemn.
Mactra subcordiformis Dollfuss et Dautzenberg
Meretrix intercalaris Cossm. et Peyr.
Modiola Escheri May.-Eym.
— *plicata* Desh.
Nucula Mayeri Hoern.
Ostrea **Boblayei* Desh.
— *tegulata* Münst.
* — ***lamellosa*** Broc.
— *crassicosta?* Sow.
Pandora granum Ben.
— *inaequivalvis* L.
Pecten **Rollei* Hoern.
* — ***scabriusculus*** Math.
* — ***Holgeri*** Gein.
Pectunculus violacescens Lam.
Pharus Saucatsensis Des. Moul.?
Pholadomya alpina Math.
Pholas Demoulinsi Ben.
**Pinna Brocchi* Orb.
Psammoselen?
**Solen Burdigalensis* Desh.
Solecurtus Basteroti Des. Moul.
Sphenia anatina Bast. *[Saxicava])*
Tapes vetulus Bast.
* — ***helveticus*** May.
Tellina donacina? L.
**Teredo Saucatsensis* Ben.
Thracia Dollfusi Cossm. et Peyr.

Die mit * bezeichneten Arten sind auf den Tafeln abgebildet.

D. Verzeichnis der Pelecypoden der St. Galler Meeresmolasse ohne Berücksichtigung der Deformation

Von Professor Mayer-Eymar

1. Auszug aus May.-Eym.:

«Systematisches Verzeichnis der Versteinerungen des Helvecian der Schweiz und Schwabens von Dr. Carl Mayer in Zürich.»

Anomia ephippium L.
Ostrea (Gryphea) Cochlear Poli
— *Addolii* May.
— *arenicola?* May.
— *Argoviana* May.
— *Batillum* May.
— *Boblayei* Desh.
— *candata* Münst.
— *crassicosta?* Sow.
— *crassissima* Lam.
— *cucullete* Born.
— *edulis* L.
— *emarginata* Münst.
— *exesperata* May.
— *forcolata* Eichn.
— *Gingensis* Schl. *(Ostracites)*
— *Helvetica* May.
— *Lyotis* L. *(Mytilus)*
— *lacerata* Goldf.
Ostrea Lamellosa Broc.
— *Meriani* May.
— *mixta* May.
— *Moeschi?* May.
— *neglecta* Mich.
— *Tegulata* Münst.
— *Virginiana* Gm.
Plicatula mytilina Phil.
— *ruperella* Duj.
Hiamites Brussoni Serr.
Pecten (Neithea) benedictus Lam.
— — *Bendanti* Bast.
— — *gigas* Schl.
— — *Herrmannseni* Dunk.
— — *latissim.* Broc. *(Ostrea)*
— — *Mariae* May.
— — *solarium* Lam.
— *Celestini* May.
— *Islandicus?* Müll. *(Ostrea)*

Pecten Jaccardi May.
— *laevipese* May.
— *opercularis* L. *(Ostrea)*
— *palmatus* Lam.
— *Probsti* May.
— *pusio* L. *(Ostrea)*
— *Puymoriae* May.
— *scabrellus* Lam.
— *scabriusculus?* Math.
— *Turicensis* May.
— *ventilabruum* Goldf.
Lima Corrodii May.
— *hians* Gm. *(Ostrea)*
— *inflata* Chernn. *(Pecten)*
— *Loscombi?* Son.
— *peregrina* May.
— *squamosa* Lam.
Perna Soldanii Desch.
Avicula (Meleagrina) Studeri May.
— *? peregrina* May.
— *phalaenacea* Lam.
Pinna Bachmanni? May.
— *Brocchii* d'Orb.
— *Tetragona* Broc.
Mytilus Aquitanicus May.
— *oblitus* Mich.
— *(Modiola) barbatus* L.
— — *costulatus* Risso.
— — *Dolfusi* May.
— — *Escheri* May.
— — *Studeri* May.
Lithodomus caudigerus Lam. *(Modiola)*
— *cinnamamens* Chemn. *(Myt.)*
— *lithophagus* L. *(Mytilus)*
Congeria Basteroti Des. *(Mytilus)*
Arca barbata L.
— *Breislacki* Bast.
— *clathrata* Defr.
— *Diluvii* Lam.
— *Fichteli* Desh.
— *Helvetica* May.
— *imbricata* Brug.
— *lactea* L.
— *latisulcata?* Nyst.
Arca Noae L.
Okeni May.
— *polymorpha* May.
— *scabrosa* Nyst.
— *Turonica* Duj.
— *variabilis* May.
Pectunculus Gallicus May.
— *glycimeris* L. *(Arca)*
— *inflatus* Broc. *(Arca)*
— *obtusatus* Partsch.
— *stellatus* Gm. *(Venus)*
— *violacescens* Lam.
Trigonocoelia aurita Broc. *(Arca)*
— *minuta* Phil. *(Pectunculus)*
Leda clavata Calc.
— *fragilis* Chemn. *(Arca)*
— *nitida* Broc *(Arca)*
— *pella* L. *(Arca)*
— *semistriata* Wood
Nucula Coboldae? Son.
— *laevigata* Son.
— *Mayeri* Hoern.
— *nucleus* L. *(Arca)*
Cardita assinis Duj.
— *antiquata* L. *(Chama)*
— *celyculata* L. *(Chama)*
— *Corbis* (Phil.)
— *crassicosta* Lam.
— *hippopaea* Bast.
— *intermedia?* Broc. *(Chama)*
— *Jonanneti* Bast. *(Venericardia)*
— *monilifera* Duj.
— *Probsti* May.
— *radians* May.
— *scabricosta* Mich.
— *trapezia* L. *(Chama)*
— *varians* May.
Woodia digiteria L. *(Tellina)*
Crassatella concentrica Duj.
Solenomya Doderleini? May.
Erycina ambigua?
Lucina Agassizi Mich.
— *Corealis* L.
— *columbella* Lam.

Lucina dentata Bast.
— *divaricata* L. *(Tellina)*
— *exigua* Eichn.
— *ferruginosa* Forb. *(Kellia)*
— *incrassata* Dub.
— *lactea* L. *(Tellina)*
— *Michelottii* May.
— *Miocoenica?* Mich.
— *multilamallata?* Desh.
— *ornata* Ag.
— *sinuosa* Donar *(Venus)*
— *Sismondai* Desh.
— *spinifera* Mont. *(Venus)*
— *Transversa* Bronn.
Ungulina unguiformis Bast. *(Clotho)*
Diplodonta rotundata Mont. *(Venus)*
— *Trigonula* Bronn.
Chama gryphina Lam.
— *gryphoides* L.
Cardium aculeatum L.
— *Burdigalinum* Lam.
— *Andreae* Duj.
— *collaterate* May.
— *commune* May.
— *costatum?* L.
— *crassum* Dep.
— *Darwini* May.
— *discrepans* Bast.
— *Dujardini* May.
— *echinatum* L.
— *edule* L.
— *erinaceum* L.
— *Grateloupi* May.
— *hians* Broc.
— *hispidum* Eichn.
— *lapicidinum* May.
— *Michelotti* May.
— *Moeschi* May.
— *multicostatum* Broc.
— *oblongum* Cheuch.
— *papillosum* Poli.
— *Parkinsoni* Som.
— *praecellens* May.
— *tuberculatum* L.
Cardium Turonicum May. var.
? — *(Hemicardium) Turicense* May.
Cypricardia coralliophaga Gm. *(Chama)*
— *Deshayesi* May.
Isocardia Burdigalensis Desh.
— *cor* L. *(Chama)*
Cyprina Agassizi May.
Cyrena Ulmensis May.
Circe minima Mont. *(Venus)*
Cytherea Bernensis Max.
— *Pedemontana* Ag.
— *rudis* Poli.
— *Studeri* May.
— *subundata* May.
Artemis Adansoni Phil.
— *exoletae* L. *(Venus)*
— *lincta* Perm. *(Venus)*
— *orbicularis* Ag.
Lucinopsis Lajonkairei Payr. *(Venerupis)*
Venus Basteroti Desh.
— *Brocchii* Desh.
— *casina?* L.
— *clathrata* Duj.
— *coturnix* Duj.
— *fasciculata* Reuss
— *Haidingeri* Hoern.
— *multilamella* Lam. *(Cythera)*
— *ovata* Pann.
— *plicata* Gm.
— *rusticula* May.
— *umbonaria* Lam. *(Cypriana)*
— *verrucosa* L.
— *Vindobonensis* May.
Tapes Basteroti? May.
— *clandestina?* May.
— *Helvetica* May.
— — var. *crassissima* May.
— *Montispeleensis* May.
— *puella?* May.
— *Ulmensis* May.
— *vetula* Bast. *(Venus)*
Petricola litophaga Retz *(Venus)*
Donax lucidus Eichn.
— *Transversus* Desh.

Psammobia incarnata Penn.
— *Labordei* Bast. *(Solatellina)*
— *vespertina?* L. *(Tellina)*
Strigilla carnaria L. *(Tellina)*
Tellina crassa Penn.
— *compressa* Broc.
— *donacina* L.
— *elliptica* Broc.
— *exigua?* Poli.
— *facilis* May.
— *incarnata* L.
— *lacunosa* Chunn.
— *nitida* Poli.
— *planata* L.
— *Senegalensis* Hanl.
— *strigosa* Gm.
— *ventricosa*
Gastrana fragilis L. *(Tellina)*
Scrobicularia plana Dacosta *(Trigonella)*
Syndosyma fabalis Wood *(Abra)*
— *obovalis* Wood *(Amphidesma)*
Ervilia pusilla Phil. *(Erycina)*
Mactra Adansoni Phil.
— *antica* May.
— *aspersa* Son.
— *Basteroti* May.
— *cordiformis* Desh.
— *facilis* May.
— *Gallensis* May.
— *Helvetica* May.
— *nucleiformis* May.
— *ovalis* Son.
— *peregrina* May.
— *Rietmanni* May.
— *solida* L.
— *spectata* May.
— *striatella* Lam.
— *subtruncata* Dac. *(Trigonella)*
— *Triangula* Ren.
— *Turonica* May.
Lovellia Consobrina May.
Deikea Gallensis May.
— *Rietmanni* May.
Eastonia mitis May.
Eastonia rugosa Chunn. *(Mactra)*
— *Turonica* May.
Lutraria ambigua May.
— *arcuata* Desh.
— *cuneata* May.
— *Deikei* May.
— *dissimilis* Desh.
— *elliptica* Roissy.
— *Graeffei* May.
— *Hoernesi* May.
— *latior* May.
— *latissima* Desh.
— *mutata* May.
— *oblonga* Chunn. *(Mya)*
— *ovalis* May.
— *Rietmanni* May.
— *sanna* Bast.
— *scalprum* May.
— *Sieboldti* Desh.
— *Stockensis* May.
— *tellinaria* May.
— *turgida* May.
— *Wartmanni* May.
— *(Metabola) Gallensis* May.
Pholadomya alpina Math.
— *Helvetica* May.
— *rectidorsata* Hoern.
Thracia anceps May.
— *augusta* May.
— *convexa* Wood.
— *corbuliformis* Desh.
— *elliptica* May.
— *Gallensis* May.
— *inflata* Son.
— *Kaufmanni* May.
— *Lucernensis* May.
— *plicata* Desh.
— *pubescens* Pult. *(Mya)*
— *rostralis* May.
— *Wartmanni* May.
— *Wildi* May.
Pandora inaequivalvis L. *(Solen)*
— *oblonga* Phil.
— *pirma* Mont. *(Solen)*

Corbula Basteroti Hoern.
carinata Duj.
gibba Olici *(Tellina)*
revoluta Broc. *(Tellina)*
Corbulomya complanata Son. *(Corbula)*
Sphenia anatina Bast. *(Saxeicara)*
Poromya quadrata Hinds *(Corbula)*
Panopaea abbreviata Valenc.
— *australis* Son.
— *declivis* May.
— *filiola* May.
— *glycimeris* Born. *(Mya)*
— *Helvetica* May. *(Lutraria)*
— *Menardi* Desh.
— *Normegica* Spengl. *(Mya)*
— *notabilis* May.
— *Rietmanni* May.
— *subalpina* May.
Saxicava arctica L. *(Mya)*
Cyrtodaria Nysti May.
Psammosolen candidas Ren. *(Solen)*
— *coarctatus* L. *(Solen)*
— *strigilatus* L. *(Solen)*
Polia legumen L. *(Solen)*
— *Ensis magnus* Schum.
— *Rollei* Hoern.
Cultellus pellucidas Penn. *(Solen)*
Solen Deickei May.
— *siliqua* L.
— *vagina* L.
Pholas rugosa Broc.
— *callosa* Lam.
— *cylindrica* Lam.
— *(Joannetia) semicaudata* Desm.
Teredo Norwegica Spengl.
Gastrochaena Dubia (Penn. *(Mya)*
— *intermedia* Hoern.
Clavagella baccillum Broc. *(Teredo)*
— *Brocchii* Lam.

2. Auszug aus den vorhandenen Etiketten MAYER-EYMARS in der Züricher und St. Galler Sammlung.

Anomia ephippium L.
Arca Fichteli Desh.
— *diluvii* Lamm. var. *pluricostata*
Avicula crossei May.
— *(Meleagrina) Studeri*
— *tarentina* Lamm.
Cardita crassicosta Lam.
Cardium burdigalinum Lam.
— *(Discors) discrepans* Bast.
— *commune* May.-Eym.
— *Darwini* (May.-Eym. Cossm. emend.)
— *paulense* May.
— *praecellens* May.-Eym.
— *pullum* May.-Eym.
— *St. Gallense* May.-Eym.
Chama gryphina Lam.
Chione (Venus) fasciculata Reuss.
— *Haidingeri* Hoern.
— *casinoides* Bast.
Clavagella bacillum Desh.
— *Brocchi* Lam.
Corbula contusa Ben.
— *striata* Walk.
Cyrtodaria nysti May.
Cytherea Islandicoides May.
Eastonia mitis May.-Eym.
Ensis Mansmanni Phil.
Gastrana fragilis L.
— *laminosa* Sow.
Glycimeris (Panopaea) Menardi Desh.
Isocardia burdigalensis Desh.
Leda concava Bronn.
Lithodomus avitensis May.
Lutraria latissima Desh.
— *maxima* Reeve, var.
— *oblonga* Chemn.
— *parallela* May.
— *sanna* Bast.
— *subrotunda* May.
— *St. Gallensis* May.
— — var. *acinaces* May.
Modiola Escheri May.
— *plicata* Desh
— *plicatula* Lam.
Nucula Mayeri Hoern.
— *vadiani* May.

Ostrea bellavacina Lam.
— *Boblayei* Desh.
— *crassicosta?* Sow.
— *lamellosa* Broc.
— *molaessicola* May.
— *tegulata* Münst.
Pandora inaequivalvis L.
Panopaea americana May.
— *Eichwaldi* May.
— *intermedia* Sow. var. *rugosior*
— *latirugata* May.
— *reflexa* Say.
Pecten Holgeri Gein.
— *scabriusculus* Math.
— *Scabrellum* Lam. var. *praescabriusculus*
Pectunculus violacescens Lam.
Pholadomya alpina Math.
— *candida* Sow.
Pholadomya var. *arcuada* Sow.
Pinna brocchi Orb.
Solen Daigei May.
— *ensis* L.
— *marginatus* Pult
Sphenia anatina Bast. *(Saxicava)*
Tapes crassissimus May.
— *Helveticus* May.
— *vetulus* Bast.
Tellina depressa Gmel.
— *donacina?* L.
— *fastigata* May.
Thracia chenocephala May.
— *crassatella* May.
Venus casinoides Bask.
— *indigena* May.
— *nux* Gmel.
— *pedemontana* Lam.

E. Verzeichnis

der neuen Pelecypodenarten, die MAYER-EYMAR aus der Meeresmolasse von St. Gallen bestimmt hatte. Diese 126 neuen Arten erwiesen sich in Wirklichkeit fast ausschliesslich als durch tektonische Deformation entstandene Formen.

a) Bereits von MAYER-EYMAR veröffentlichte neue Spezies

Ostrea Addolii
— *Arenicola?*
— *Argoviana*
— *Catillum*
— *exesperata*
— *Helvetia*
— *Meriani*
— *mixta*
— *Moeschi?*
Pecten Mariae
— *Celestini*
— *Jaccardi*
— *Probsti*
— *Pnymoriae*
— *Turicensis*
Lima Corrodi
— *peregrina*
Avicula (Meleagrina) Studeri
Avicula peregrina
Pinna Bachmanni
Mytilus Aquitanicus
— *(Modiola) Dolfusi*
— — *Escheri*
— — *Studeri*
Arca Helvetica
— *Okeni*
— *polymorpha*
— *variabilis*
Pectunculus Gallicus
Cardita Probsti
— *radians*
— *varians*
Solenomya Doderleini?
Lucina Michelottii
Cardium collaterate
— *commune*
— *Darwini*
— *Dujardini*
— *Grateloupi*
— *Lapicidinum*

Cardium Michelotti
— *Moeschi*
— *praecellens*
— *Turonicum*
— *(Hemicardium) Turicense*
Cypricardia Deshayesi
Cyprina Agassizi
Cyrena Ulmensis
Cytherea Bernensis
— *Studeri*
— *subundata*
Venus rusticula
— *Vindobonensis*
Tapes Basteroti?
— *clandestina?*
— *Helvetica*
— — var. *crassissima*
— *Montispeleensis*
— *puella?*
— *Ulmensis*
Telline facilis
Mactra antica
— *Basteroti*
— *facilis*
— *Gallensis*
— *Helvetica*
— *musleiformis*
— *peregrina*
— *Rietmanni*
— *spectata*
— *Turonica*
Lovellia consobrina
Deikea Gallensis
— *Rietmanni*
Eastonia mitis
— *Turonica*
Lutraria ambigua
— *cuneata*
— *Deikei*
— *Graeffei*
— *Hoernesi*
— *Latior*
— *mutata*
— *ovalis*
— *Rietmanni*
— *scalprum*
— *Stockensis*
— *Tellinaria*
— *Turgida*
— *Wartmanni*
— *(Metabola) Gallensis*
Pholadomya Helvetica
Thracia anceps
— *augusta*
— *elliptica*
— *Gallensis*
— *Kaufmanni*
— *Lucermensis*
— *rostralis*
— *Wartmanni*
— *Wildi*
Panopaca declivis
— *Schola*
— *Helvetica*
— *notabilis*
— *Rietmanni*
— *subalpina*

b) Von Mayer-Eymar noch nicht veröffentlichte novae species, die nur in seinen Etiketten der Zürcher und St. Galler Sammlungen aufgeführt waren

Cyrtodaria Nysti
Solen Deickei
Venus indigena
Nucula Vadiani
Ostrea molassicola
Tapes crassissimus
Thracia crassatella
Th. chenocephala
Panopaea latirugata
Pan. Eichwaldi
Tellina fastigata
Cardium Gallense
C. pullum
C. Paulense
Lutraria parallela
L. (Metabola) ovalis
L. subrotunda
Cytherea islandicvoides
Avicula Crossei

Literaturverzeichnis

FALKNER und LUDWIG: Beiträge zur Geologie der Umgebung von St. Gallen.

1. 1824. G. P. DESHAYES. Description des Coquilles Fossiles des Environs de Paris.
   CHARLES MAYER. Catalogue systématique et descriptif des Fossiles des Terrains Tertiaires qui se trouvent au Musée Fédéral de Zurich.
   a) 1867. — *Deuxième* Cahier: Mollusques. Famille des Mactrides et des Pholadomydes.
   b) 1868. — *Troisième* Cahier: Mollusques. Famille des Arcides.
   c) 1870. — *Quatrième* Cahier: Mollusques. Famille des Panopeides.

2. 1870. Dr. MORIZ HÖRNES. Die fossilen Mollusken des Tertiär-Beckens von Wien. Bd. II, Bivalven. Abhandlung der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt. IV. Band.

3. 1872. Dr. KARL MAYER. Systematisches Verzeichnis der Versteinerungen des Helvetian der Schweiz und Schwabens.

4. 1873. E.-A. BENOIST. Catalogue Synonymique et Raisonne des Testacées Fossiles recueillis dans les faluns miocènes des communes de la Brede et de Saicats.
   Extrait des Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux. T. XXIX, 1er livre 1873.
   Première Partie: Conchyfères.

5. 1902, 1904. G. F. DOLLFUS et Ph. DAUTZENBERG. Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire.
   Première Partie: Description des gisements fossilifères des Pélécypodes.
   Mémoires de la Société Géologique de France. Paléontologie. Tome X. Fascicules 2, 3 et 4. Mémoire nº 27.

6. 1909—1914. M. M. COSSMANN et A. PEYROT. Conchyliologie Néogénique de l'Aquitaine Pélécypodes.
   T. I 1909—1912. T. II 1914.

7. 1921. KARL ZITTEL. Grundzüge der Paläontologie (Paläzoologie). I. Abteilung: Invertebrata.

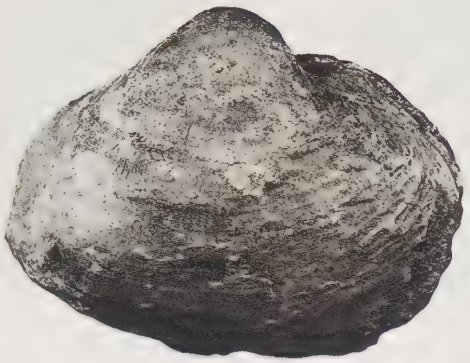
8. 1911. Dr. LOUIS ROLLIER. Revision de la Stratigraphie et de la Tectonique de la Molasse au Nord des Alpes . . .

Curriculum vitae

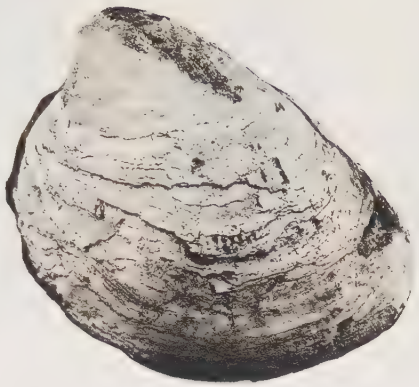
Geboren am 6. März 1889, als Sohn des Kommerzienrates Friedrich Fanck in Frankenthal (Rheinpfalz), wuchs ich in dieser Stadt auf bis zu meinem 10. Lebensjahr. Da ich schwer an nervösem Asthma litt, konnte ich die Volksschule nur wenig besuchen und war hauptsächlich auf privaten Unterricht angewiesen. Mit zehn Jahren kam ich meines ständig zunehmenden Leidens wegen nach Davos, wo ich im Friedericianum als Interner eintrat und das dortige Gymnasium besuchte. 1903 als geheilt entlassen, kehrte ich für einige Jahre nach Frankenthal zurück und machte an dem dortigen Progymnasium 1905 das Einjährigenexamen. Nach dem Tode meines Vaters siedelte meine Mutter nach Freiburg i. Br. über; hier besuchte ich von 1906 bis 1909 das Bertholdsgymnasium und machte 1909 mein Abitur. Während zwei Semestern studierte ich an den Universitäten München und Berlin Philosophie und Kunstgeschichte, beschloss dann aber zu den Naturwissenschaften überzutreten, und ging zu diesem Zwecke mit 22 Jahren an die Universität in Zürich. Hier verlegte ich mich zunächst hauptsächlich auf die Chemie bei Prof. Werner und entschied mich dann, im Sommersemester 1911, endgültig für das Studium der Geologie bei Prof. Heim. Nach dessen Abgang von der Universität Zürich verbrachte ich vorübergehend ein Semester in Freiburg i. Br., um bei Prof. Deeke mein geologisches Studium fortzusetzen. Im Jahre 1913 nach Zürich zuückgekehrt, erhielt ich von Prof. Schardt eine Arbeit über die tektonische Deformation der Pelecypoden der St. Galler Meeresmolasse und deren Einfluss auf die Benennung der Arten. Ich widmete dieser Arbeit fünf Semester, bis Sommer 1915. Die Hauptresultate meiner Untersuchungen und Experimente wurden im Wintersemester 1914/15 im Akad. geologischen Kolloquium vorgetragen. Ich konnte leider nicht mehr die Reinschrift der Dissertation beendigen, da ich unvermutet rasch nach Deutschland zurückberufen wurde und hier im Spätsommer 1915 in den Kriegsdienst eintreten musste. Vor der Abreise konnten noch die schriftlichen und mündlichen Prüfungen abgelegt werden. Als Leiter einer wissenschaftlich-photographischen Abteilung im Deutschen Generalstab tätig, benutzte ich die wenige freie Zeit, meine Arbeit über die Deformation der St. Galler Pelecypoden fertig zu machen und in Maschinenschrift niederzulegen. Das Original und eine Abschrift kamen mir in der Berliner Revolution 1918 mitsamt meinem sonstigen in Berlin befindlichen Hab und Gut abhanden, während ich mich auf einer Inspektionsreise in Polen befand. Da ich im folgenden ersten Inflationsjahr auch mein übriges Vermögen grösstenteils verlor, stand ich vor der plötzlichen Notwendigkeit des Gelderwerbes, sodass ein Wiederanfertigen meiner gestohlenen und wahrscheinlich zerstörten Arbeit vorerst unmöglich wurde. Erst im vergangenen Jahre, nachdem ich mir durch meine Erfolge die Stellung als hauptamtlicher Regisseur bei dem grössten deutschen Filmkonzern der Ufa erkämpft hatte, und dadurch wenigstens aus den aufreibendsten finanziellen Sorgen herauskam, konnte ich mich an die Aufgabe machen, die damalige grosse Arbeit in einer, allerdings etwas verkürzten Form noch einmal auszuarbeiten und sie im Wintersemester 1925/1926 der philosophischen Fakultät der Universität Zürich vorzulegen.

Freiburg, den 6. Februar 1926.

ARNOLD FANCK.



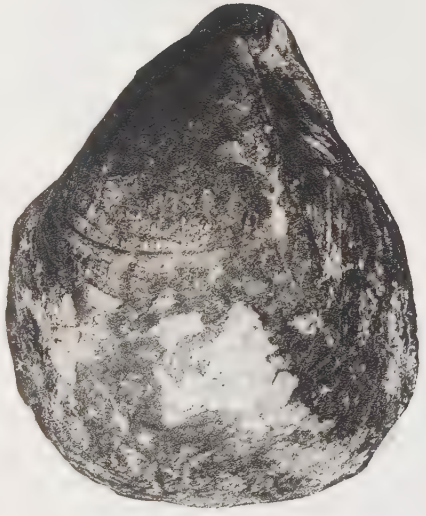
Typ I



Typ II

Typ III

Typ IV



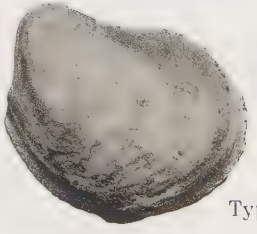
Seitlich verschobener Wirbel

Typ I

Typ II

Normalgestalt

Typ III

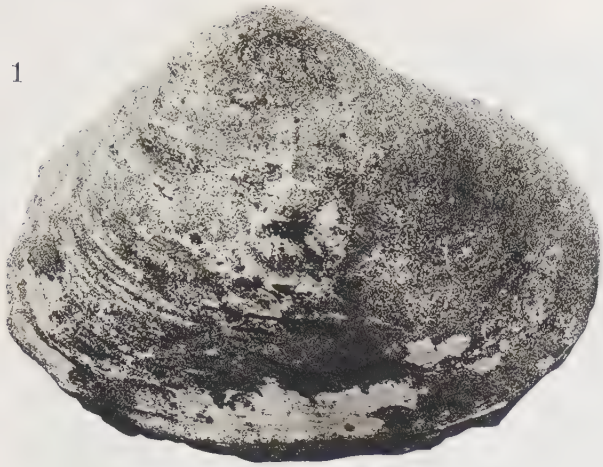


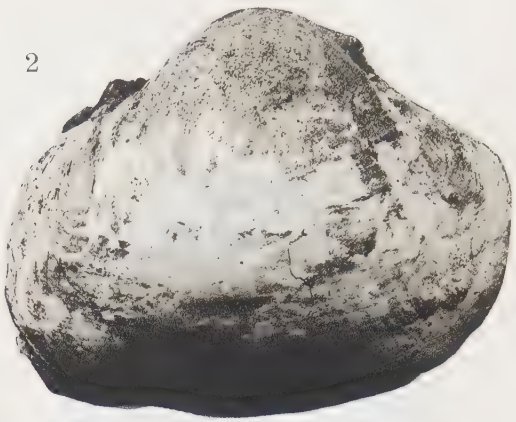
Typ IV

Übereinander gewölbter Wirbel

Cardium (Discors) discrepans, Bast.

TAFEL I

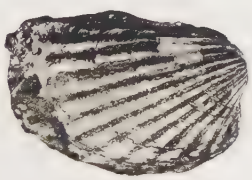

1


2

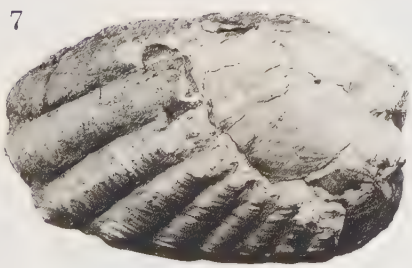
3

5

4

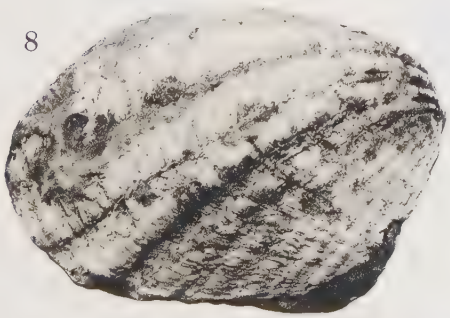

6

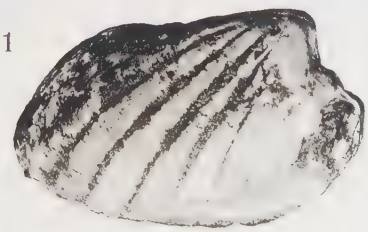
9


7

10

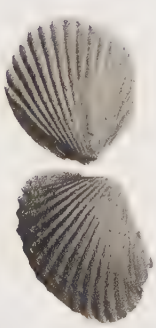
12


8

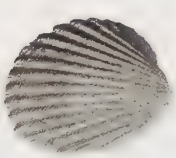

11

1

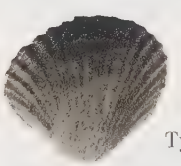
2



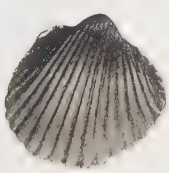
5

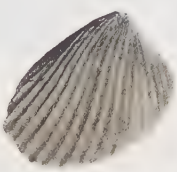


Typ III



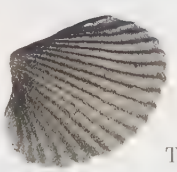
Typ I



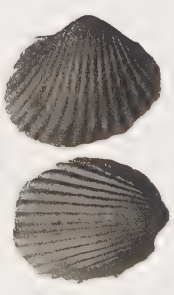


Typ II

3

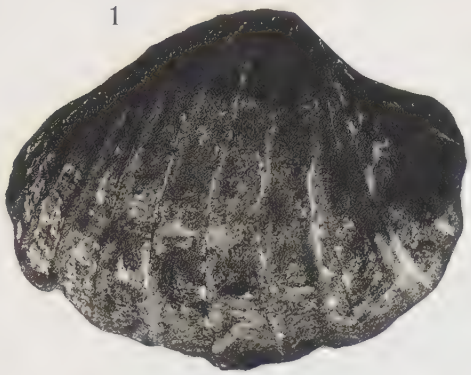


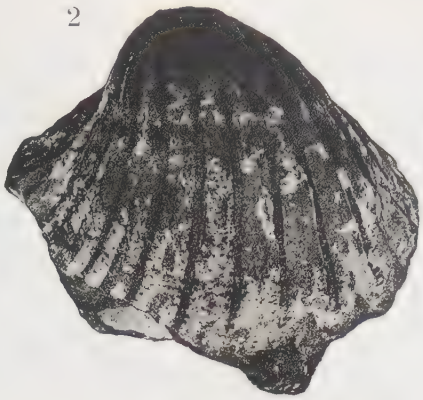
Typ IV

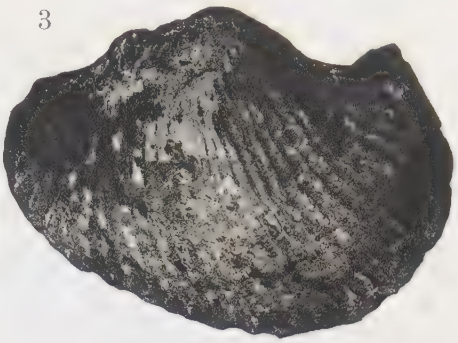


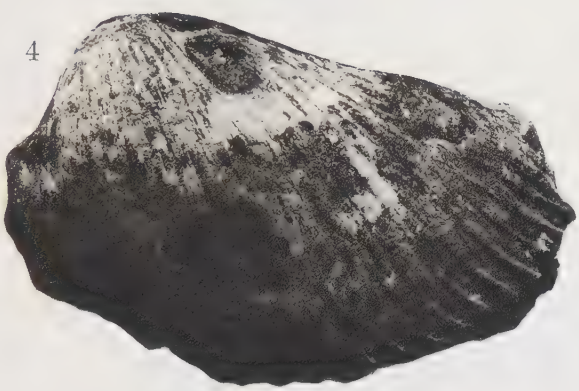
4

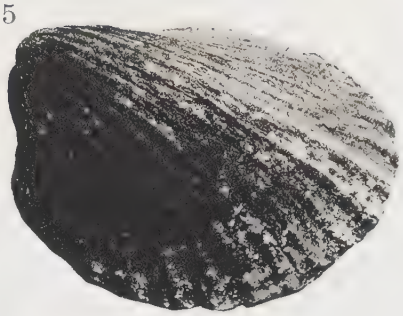
Cardium commune, May.


1

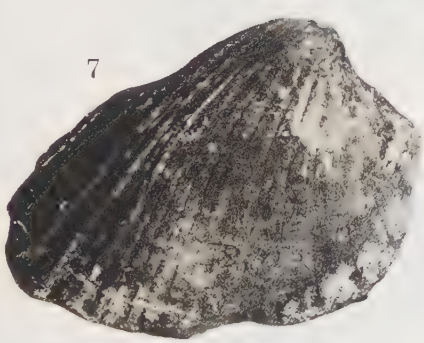

2

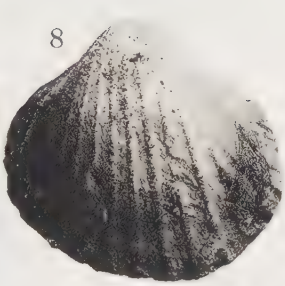

3

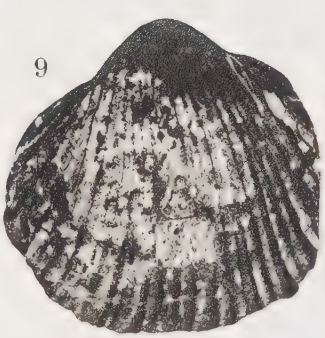

4

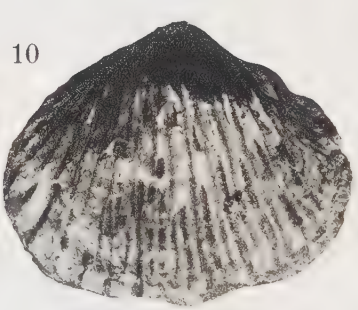

5

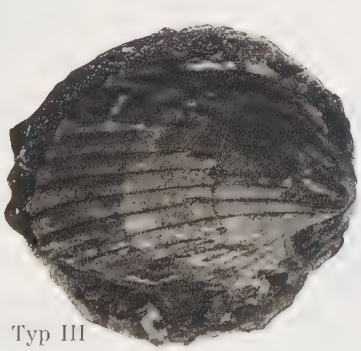
6


7


8


9

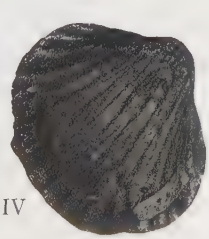

10

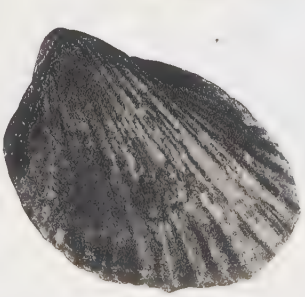

Typ III

Typ I

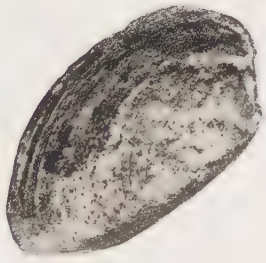
11

Cardium praecellens

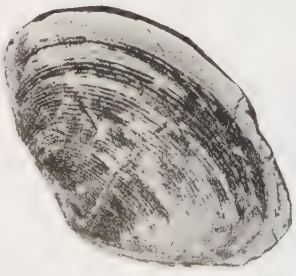

Typ IV


Typ II

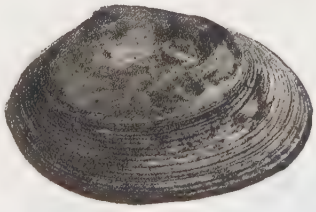
Tapes vetulus, Bast.



Typ II



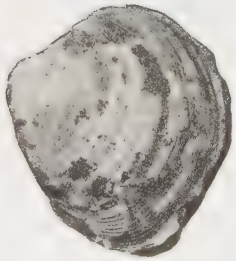
Typ IV



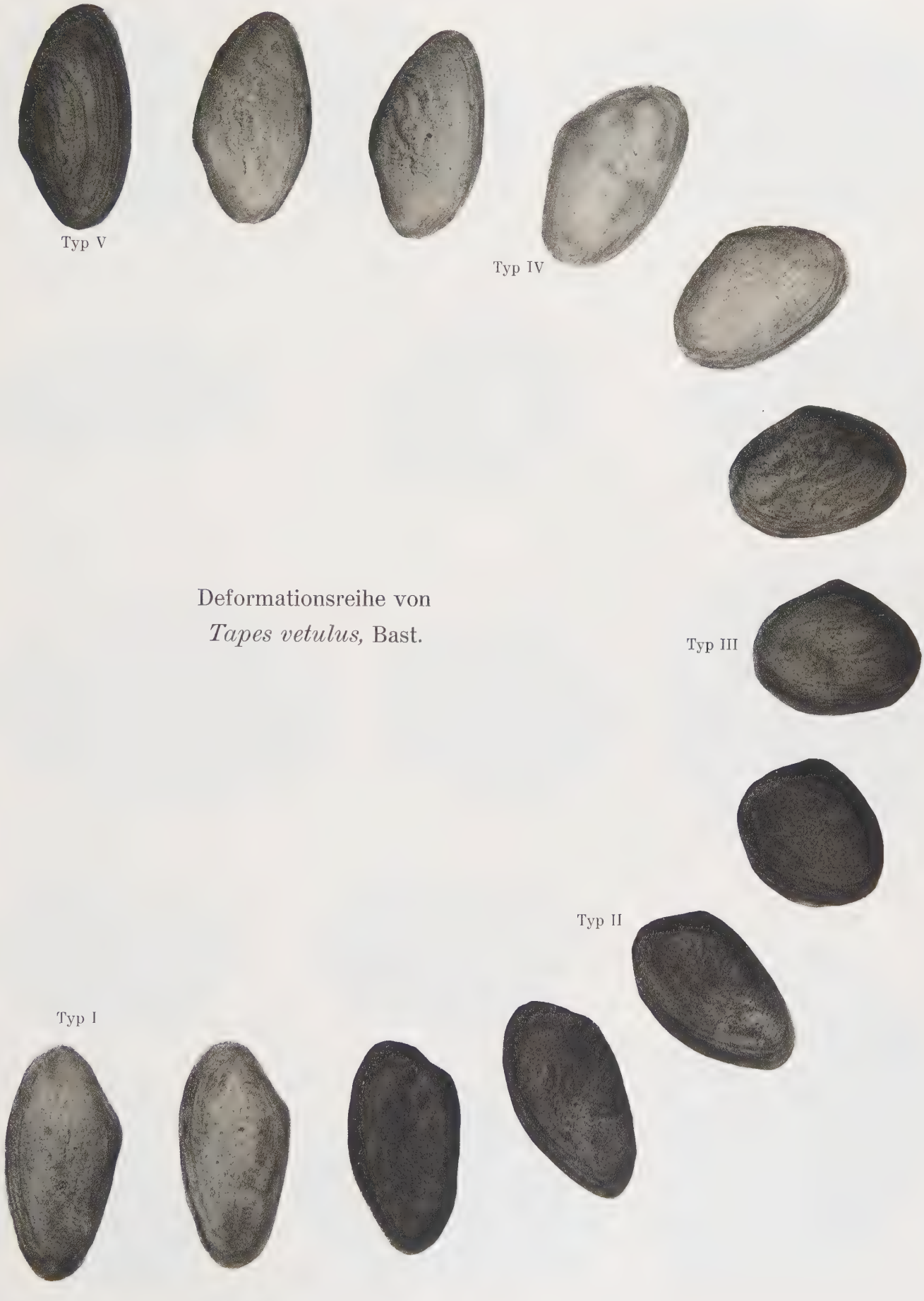
Normalgestalt

Typ I

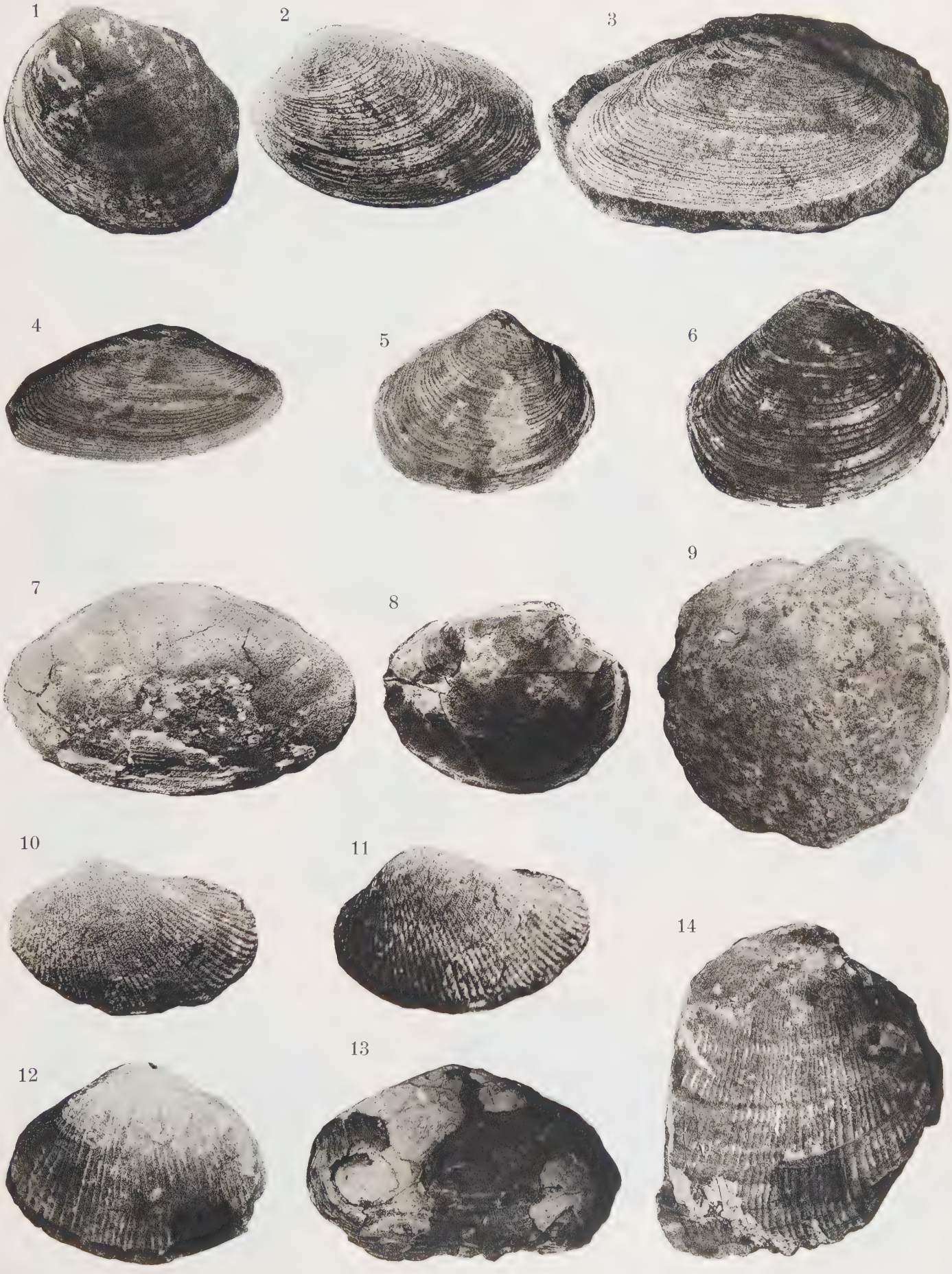
2



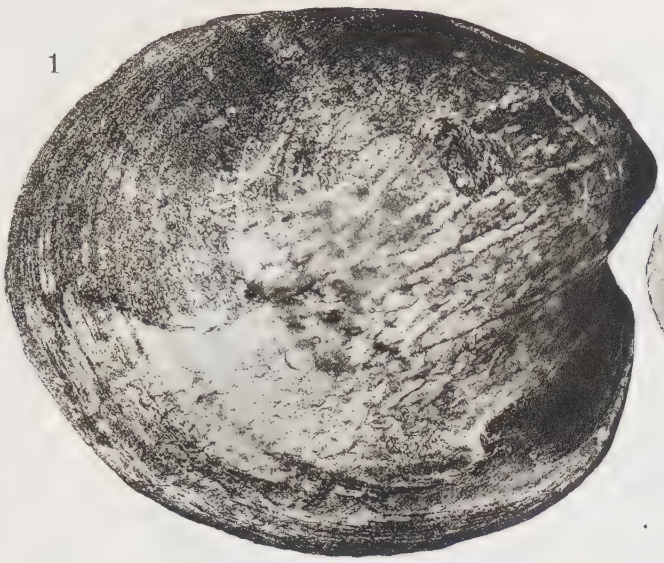
Typ III



Deformationsreihe von
Tapes vetulus, Bast.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

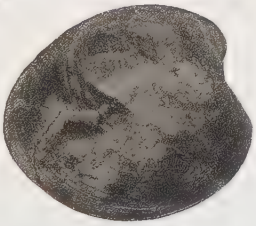
1



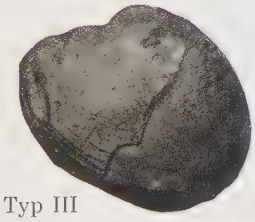
2

Typ I

Typ IV



Normalgestalt

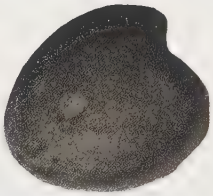


Typ III

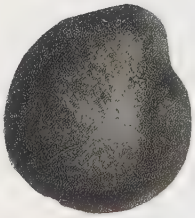
Typ II

Typ I

Typ IV



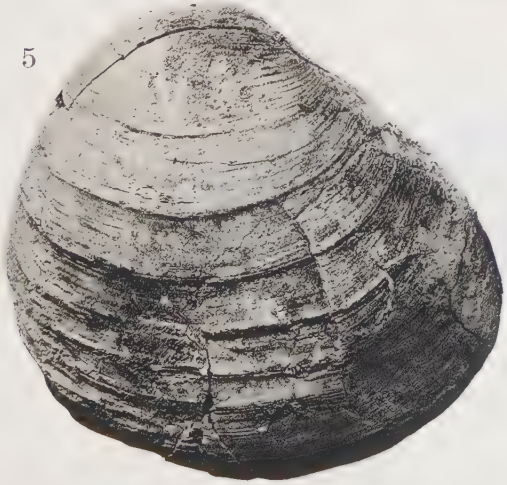
Normalgestalt



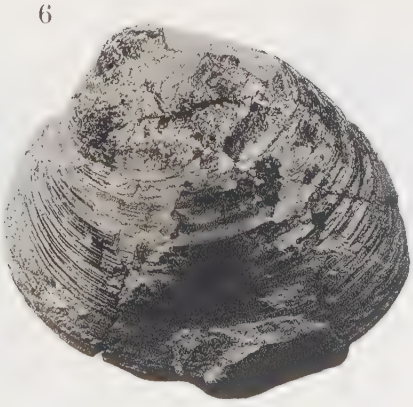
Typ III

Typ II

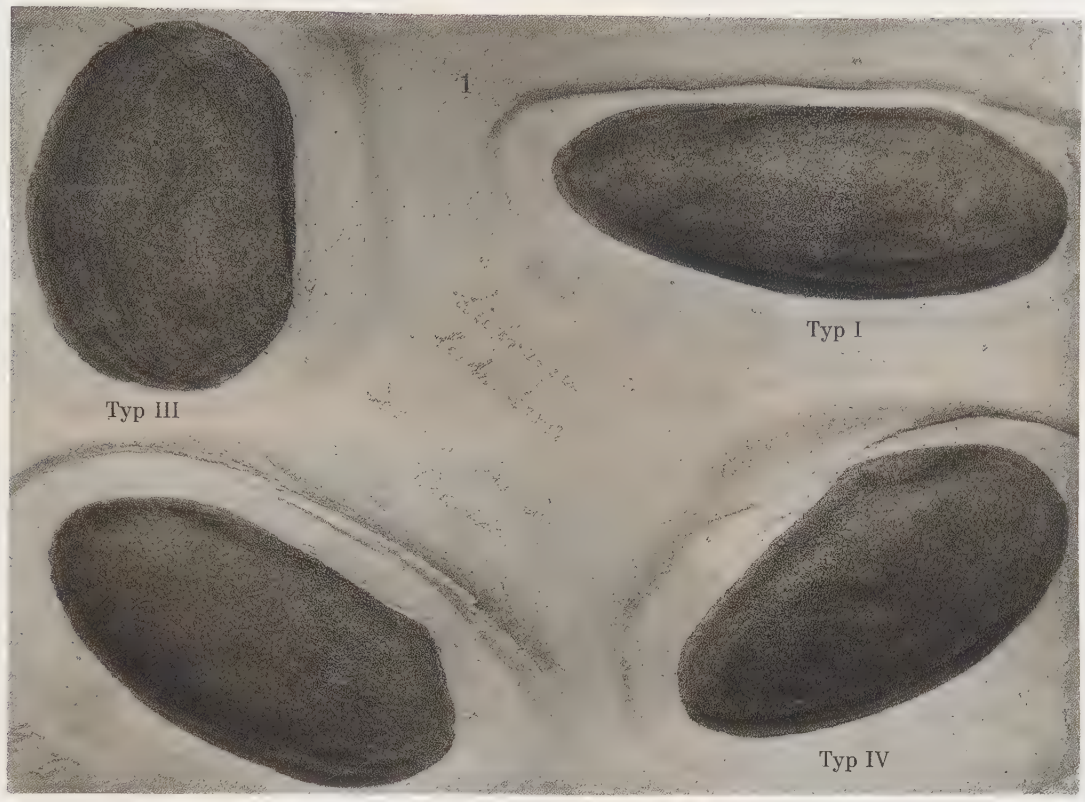
5

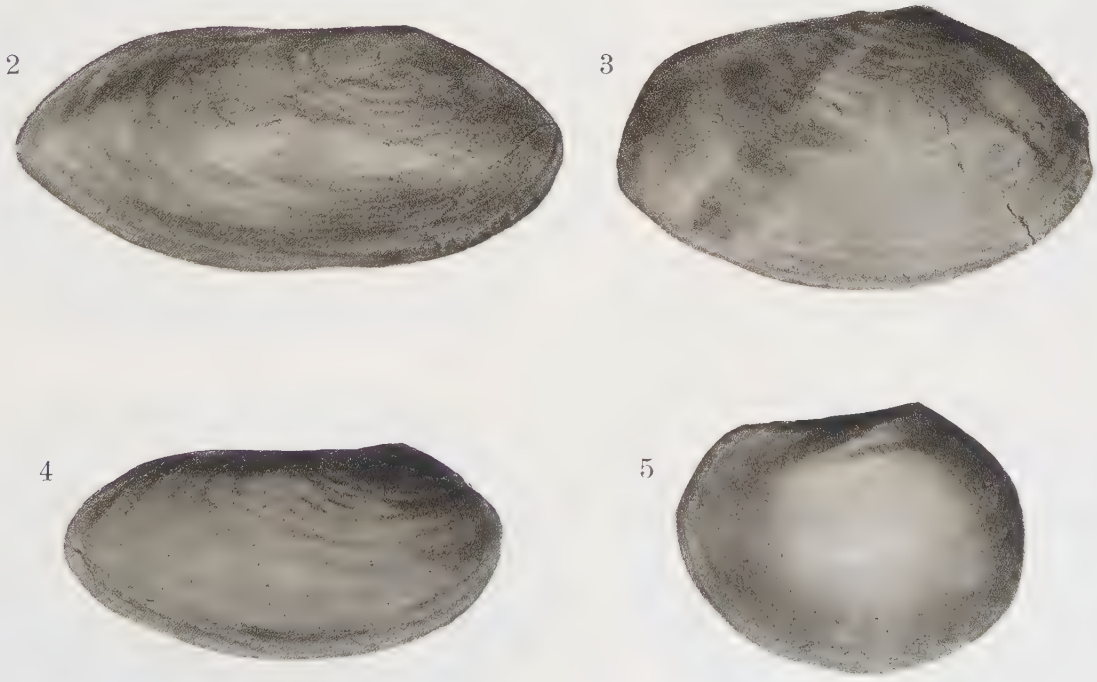


6



7





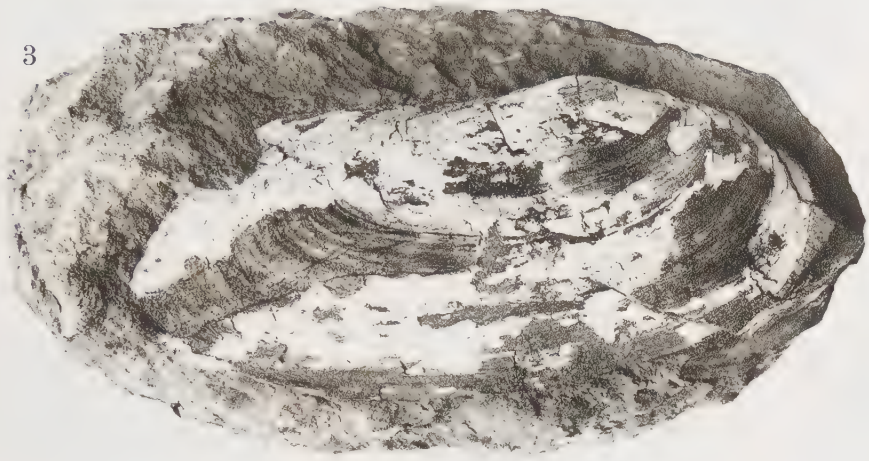
Lutraria latissima, Desh.

Lutraria latissima, Desh.

1

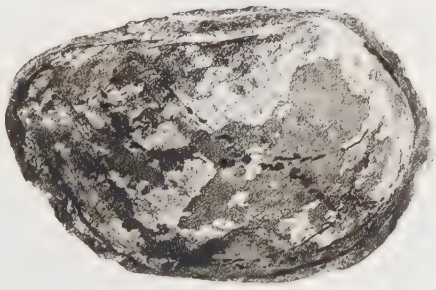
4

3



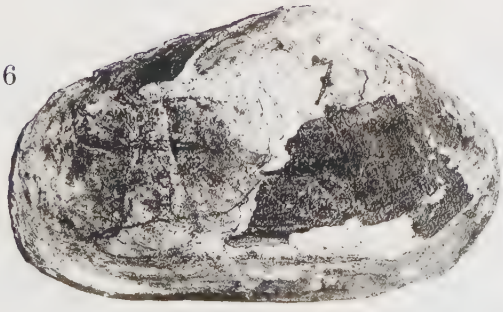
7

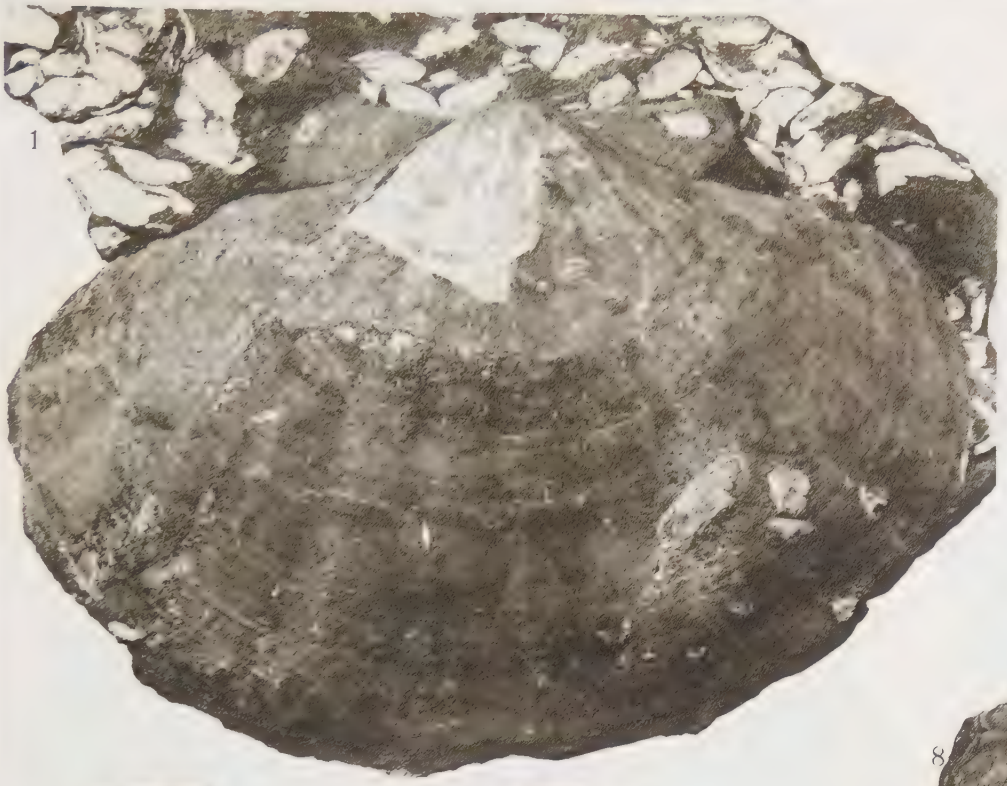
5



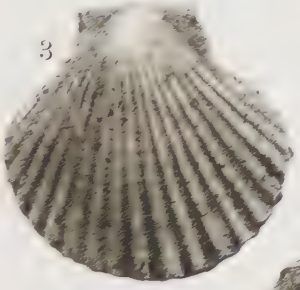
2

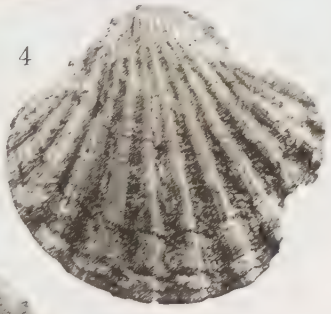
6



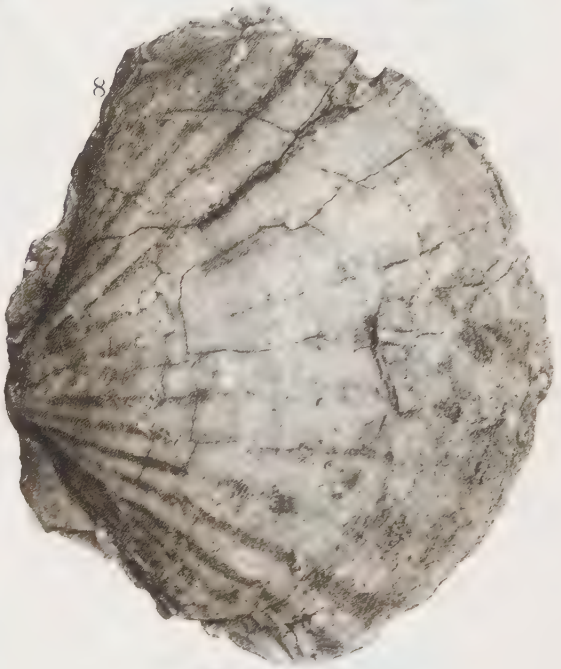

1

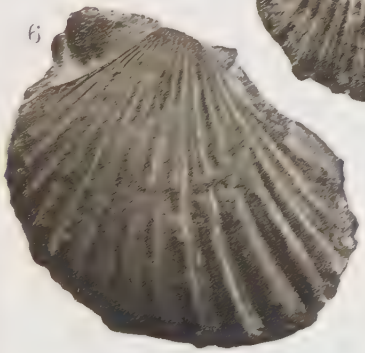
2

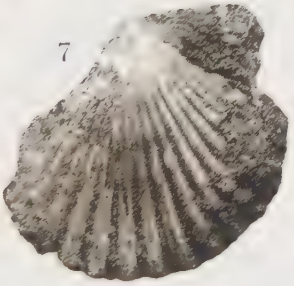

3

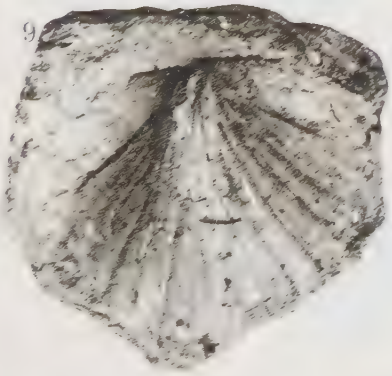

4

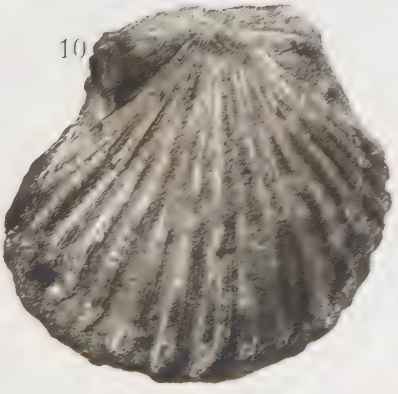
5

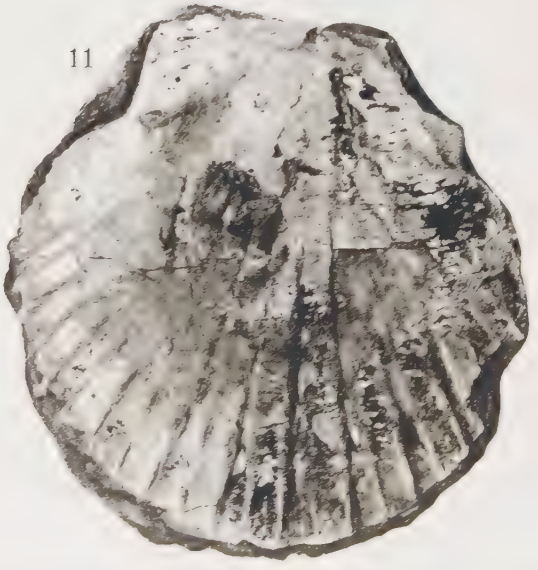

8


6

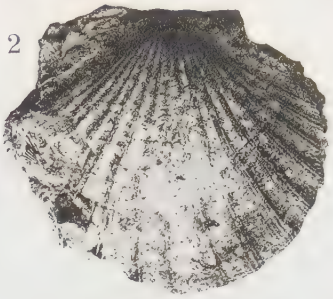

7


9

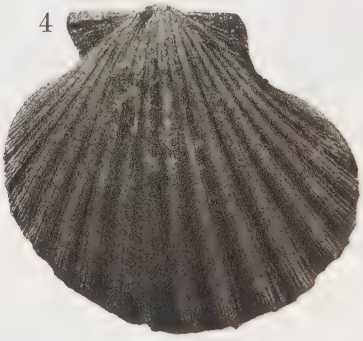

10


11

1


2

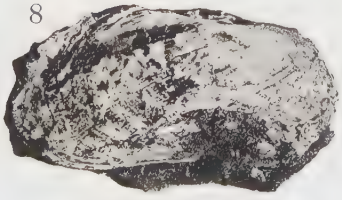
3


4

5

6

7

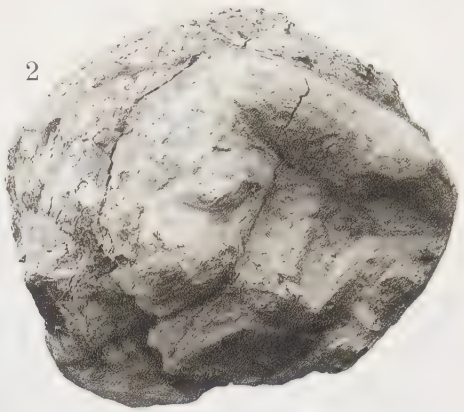

8

9

10

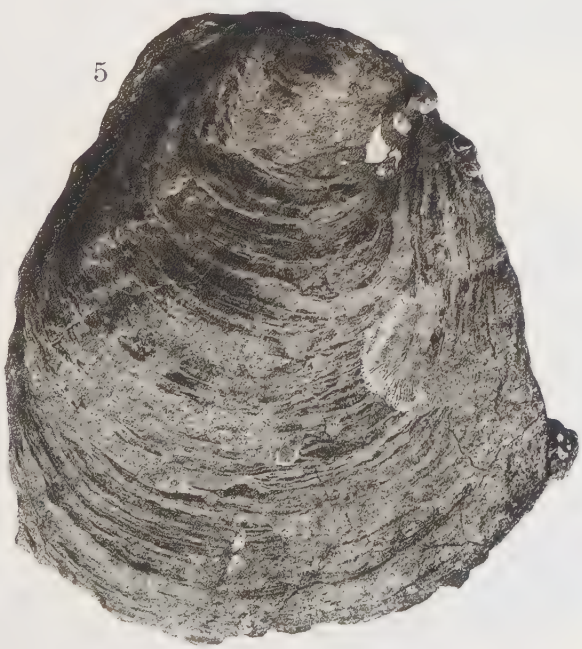
11

1

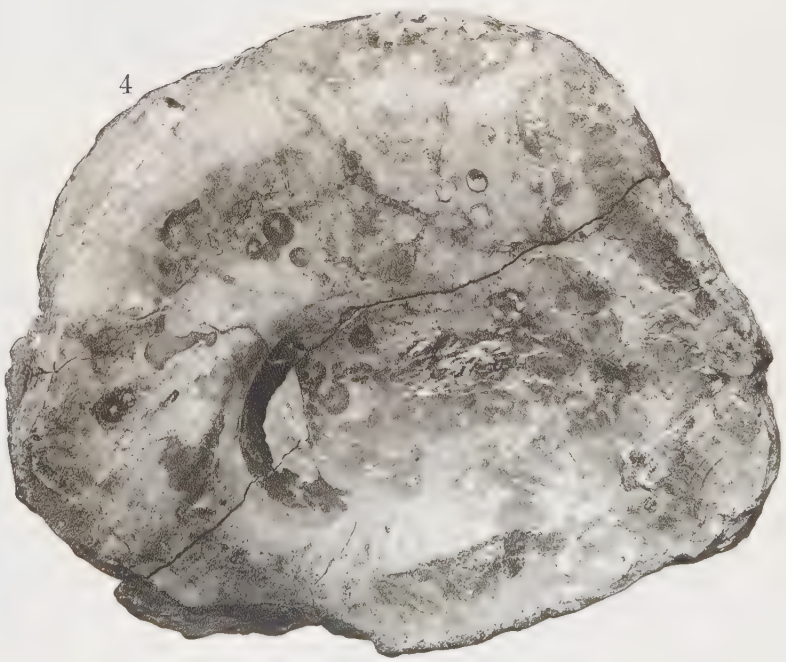


2

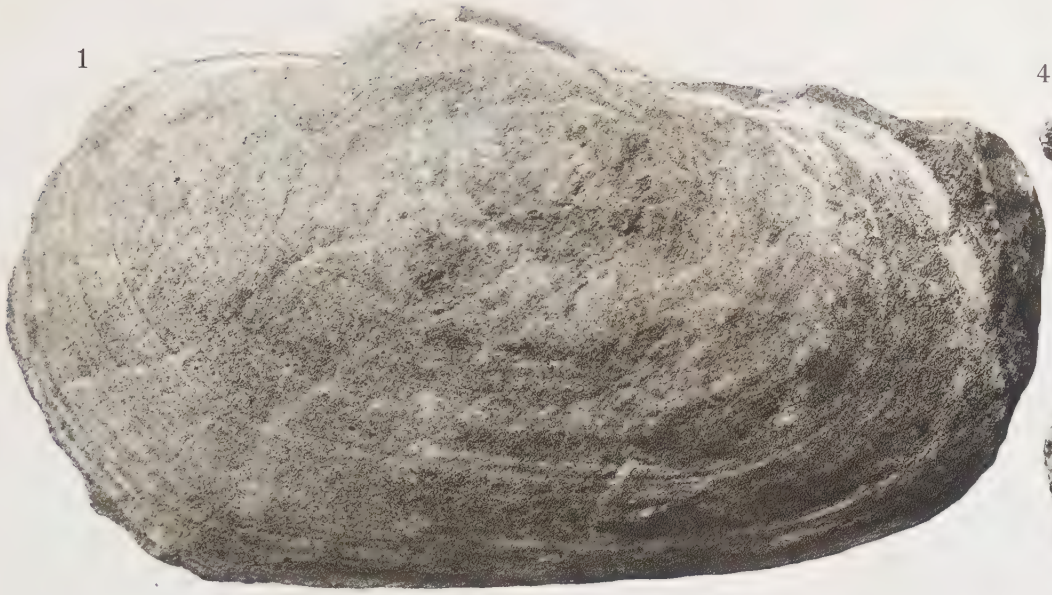
3



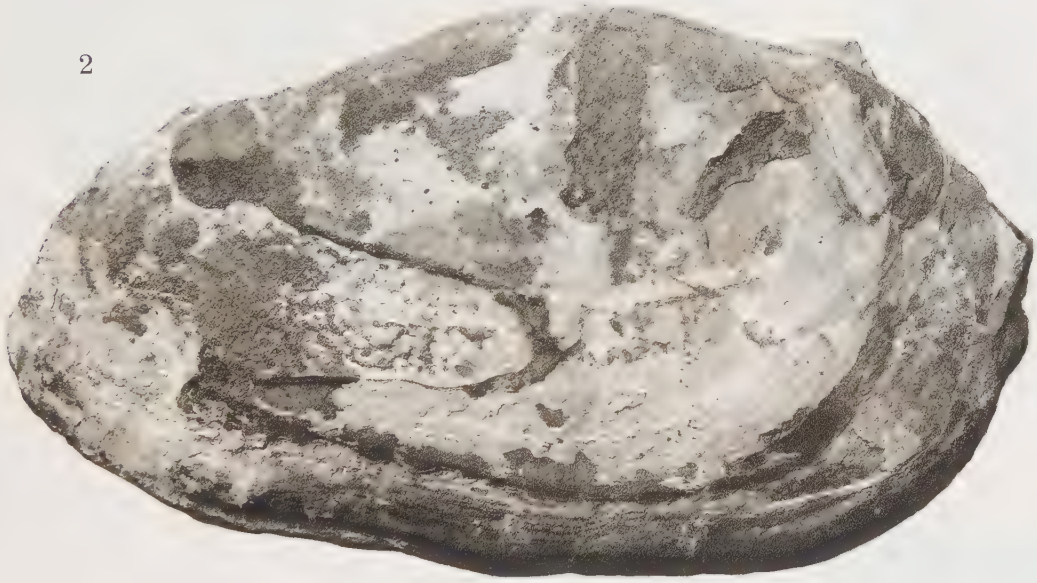
5

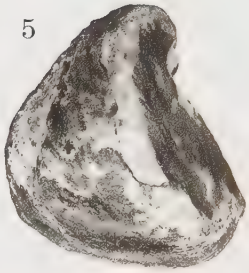


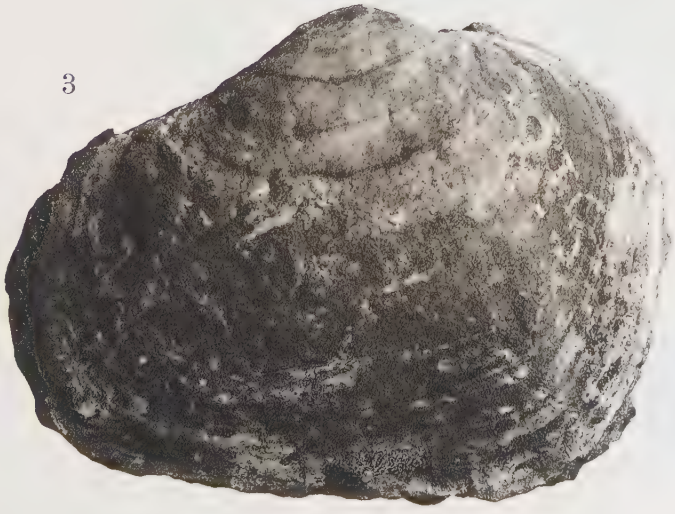
4

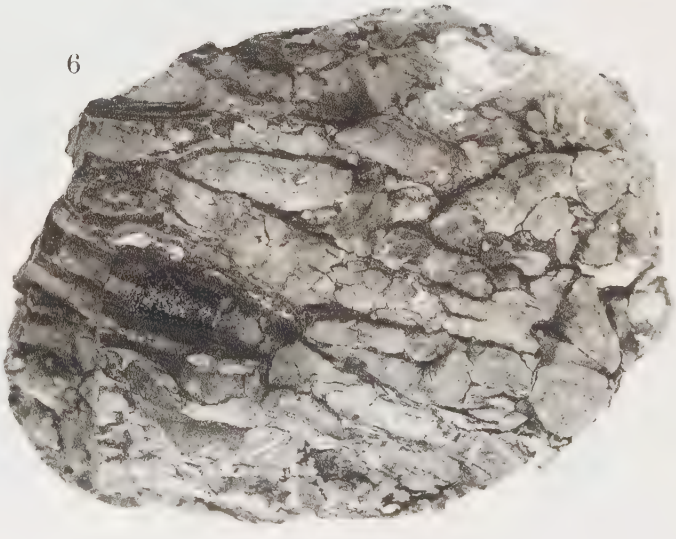

1

4


2


5


3


6

1

2

3

4